

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-133105

(43)Date of publication of application : 22.05.1998

(51)Int.Cl.

G02B 13/24
G03F 7/20
H01L 21/027

(21)Application number : 08-301089

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 25.10.1996

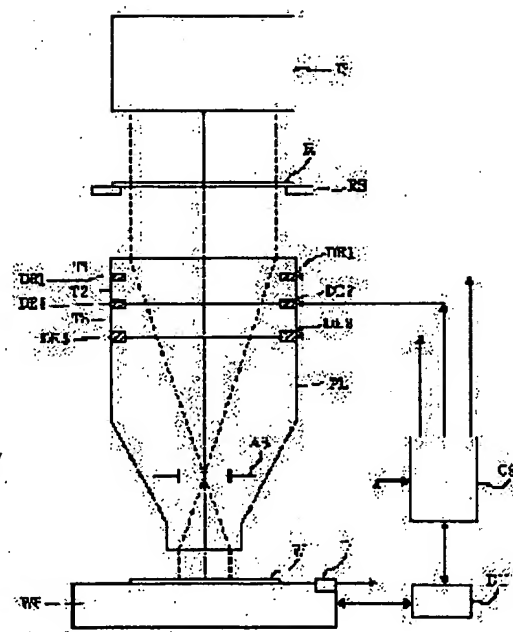
(72)Inventor : ISHIYAMA SATOSHI

(54) PROJECTING ALIGNER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To compensate the rotary asymmetric deviation of image and eccentric astigmatic aberration remaining in a projection optical system due to a manufacturing error and an assembling error at any time.

SOLUTION: A projection optical system PL is provided, in order from a first object side, with a first lens group of a positive refractive power, a second lens group of a negative refractive power, a third lens group of a positive refractive power, a fourth lens group of a negative refractive power, a fifth lens group of a positive refractive power and a sixth lens group of a positive refractive power. The projection optical system is provided with optical members T1-T3 composed of at least one lens integrally tiltable to the optical axis in the first lens group and the second lens group and, by tilting the optical members to the optical axis, the rotary asymmetric deviation of image position or eccentric astigmatic aberration remaining in the projection optical system is compensated.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

14.10.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] An illumination-light study system for illuminating the 1st body Projection optics for projecting an image of said 1st body illuminated by this illumination-light study system on the 2nd body It is the projection aligner equipped with the above. Said projection optics The 1st lens group which has positive refractive power sequentially from said 1st body side, and the 2nd lens group which has negative refractive power, It has the 3rd lens group which has positive refractive power, the 4th lens group which has negative refractive power, the 5th lens group which has positive refractive power, and the 6th lens group which has positive refractive power. Said projection optics By having an optical member which consisted of at least one lens which can incline in one to an optical axis in said 1st lens group and said 2nd lens group, and making said optical member incline to an optical axis rotation which remains in said projection optics -- it is characterized by amending a gap or eccentric astigmatism of an unsymmetrical image position.

[Claim 2] rotation which remains in said projection optics by having the following and making said 1st optical member, said 2nd optical member, and said 3rd optical member incline to an optical axis, respectively -- a projection aligner according to claim 1 characterized by amending a gap and eccentric astigmatism of an unsymmetrical image position independently. Said optical member is the 1st optical member which consisted of at least one lens which can incline in one to an optical axis in said 1st lens group and said 2nd lens group. Consisting of at least one lens which can incline in one to an optical axis in said 1st lens group and said 2nd lens group, said 1st optical member is the 2nd optical member which can incline independently. Consisting of at least one lens which can incline in one to an optical axis in said 1st lens group and said 2nd lens group, said 1st optical member and said 2nd optical member are the 3rd optical member which can incline independently.

[Claim 3] It is a focal distance of said 1st lens group f_1 It carries out and is a focal distance of said 2nd lens group f_2 It carries out. It is a focal distance of said 3rd lens group f_3 It carries out and is a focal distance of said 4th lens group f_4 It carries out and is a focal distance of said 5th lens group f_5 It carries out and is a focal distance of said 6th lens group f_6 When carrying out and setting shaft top distance from said 1st body to said 2nd body to L , $f_1 / L < 0.8$ (1)

$-0.033 < f_2 / L$ (2)

$0.01 < f_3 / L < 1.0$ (3)

$f_4 / L < -0.005$ (4)

$0.01 < f_5 / L < 0.9$ (5)

$0.02 < f_6 / L < 1.6$ (6)

A projection aligner according to claim 1 or 2 characterized by satisfying *****.

[Claim 4] A projection aligner given in claim 1 characterized by having at least the 2nd lens and the 3rd lens which has negative refractive power characterized by providing the following thru/or any 1 term of 3 Said 2nd lens group is the front lens of negative refractive power which has been arranged most at the 1st body side and turned a concave surface to said 2nd body side. A back lens of a negative meniscus configuration where it has been arranged most at the 2nd body side, and a concave surface was turned to said 1st body side It is the 1st lens with which it has a middle lens group arranged between said front lenses and said back lenses, and said middle lens group has positive refractive power sequentially from said 1st body side. Negative refractive power

[Claim 5] It is $1.0 < I/L$, when setting shaft top distance from said 1st body to the 1st body side focus of said whole projection optics to I and setting shaft top distance from said 1st body to said 2nd body to L . (7)

A projection aligner given in claim 1 characterized by satisfying ***** thru/or any 1 term of 4.

[Claim 6] It is $r_2 f_f$ about radius of curvature of a field by the side of the 1st body of said front lens in said 2nd lens group. It carries out and is $r_2 f_r$ about radius of curvature of a field by the side of the 2nd body of said front lens. When carrying out $1.00 \leq (r_2 f_f - r_2 f_r) / (r_2 f_f + r_2 f_r) < 5.0$ (8),

A projection aligner given in claim 1 characterized by satisfying ***** thru/or any 1 term of 5.

http://www4.ipdl.jpo.go.jp/cgi-bin/tran_web_cgi_eje?u=http%3A%2F%2Fwww4.ipdl.jpo.go.jp%2FTok... 12/30/2003

[Claim 7] When setting an axial sky mind gap between said 5th lens groups and said 6th lens groups to $d56$ and setting shaft top distance from said 1st body to said 2nd body to L , it is $d56 / L < 0.017$. (9)

A projection aligner given in claim 1 characterized by satisfying ***** thru/or any 1 term of 6.

[Claim 8] said 6th lens group -- most -- radius of curvature of a lens side by the side of the 1st body -- $r6F$ -- carrying out -- the 6th lens group -- most -- shaft top distance from a lens side by the side of the 1st body to the 2nd body -- $d6$ -- a time of carrying out -- 0.50 -- $<-- d6/r6F < 1.50$ (10)

A projection aligner given in claim 1 characterized by satisfying ***** thru/or any 1 term of 7.

[Claim 9] When setting a focal distance of said front lens in said 2nd lens group to $f2F$ and setting a focal distance of said back lens in said 2nd lens group to $f2R$, it is $0 \leq f2F/f2R < 18$. (11)

A projection aligner given in claim 1 characterized by satisfying ***** thru/or any 1 term of 8.

[Claim 10] A projection aligner given in claim 1 thru/or any 1 term of 9 characterized by providing the following Said 1st lens group has at least two positive lenses, said 3rd lens group has at least three positive lenses, said 4th lens group has at least three negative lenses, and said 5th lens groups are at least five positive lenses. Having at least one negative lens, said 6th lens group is at least one positive lens.

[Claim 11] It is incidence high [to a lens side of a chief ray from a point of the maximum body high on said 1st body] $h0$ It is incidence high [to a lens side of an oblique ray which carries out and has the maximum numerical aperture from an axial choice-goods point on said 1st body] $h1$ A lens which constitutes said optical member when carrying out and setting the maximum effective diameter of said projection optics to ϕ is $0.170 < h0 / \phi$. (12)

$h1 / \phi < 0.35$ (13)

A projection aligner given in claim 1 characterized by satisfying ***** thru/or any 1 term of 10.

[Claim 12] Projection characterized by providing the following An illumination-light study system for illuminating the 1st body In a projection optics aligner for projecting an image of said 1st body illuminated by this illumination-light study system on the 2nd body said projection optics It has an optical member for amending a gap or eccentric astigmatism of an unsymmetrical image position. rotation which consists of at least one lens which can incline in one to an optical axis, and remains in said projection optics -- It is incidence high [to a lens side of a chief ray from a point of the maximum body high on said 1st body] $h0$ It carries out. It is incidence high [to a lens side of an oblique ray which has the maximum numerical aperture from an axial choice-goods point on said 1st body] $h1$ A lens which constitutes said optical member when carrying out and setting the maximum effective diameter of said projection optics to ϕ is $0.170 < h0 / \phi$. (12)

$h1 / \phi < 0.35$ (13)

A projection aligner characterized by satisfying *****.

[Claim 13] rotation which remains in said projection optics by having the following and making said 1st optical member, said 2nd optical member, and said 3rd optical member incline to an optical axis, respectively -- a projection aligner according to claim 12 characterized by amending a gap and eccentric astigmatism of an unsymmetrical image position independently. Said optical member is the 1st optical member which consisted of at least one lens which can incline in one to an optical axis. Consisting of at least one lens which can incline in one to an optical axis, said 1st optical member is the 2nd optical member which can incline independently. Consisting of at least one lens which can incline in one to an optical axis, said 1st optical member and said 2nd optical member are the 3rd optical member which can incline independently.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] This invention relates to the aberration amendment in the projection aligner for semiconductor manufacture especially about a projection aligner.

[0002]

[Description of the Prior Art] For example, in the projection aligner used for manufacture of a semiconductor device, the engine performance demanded from projection optics is still severer along with detailed-izing of the pattern of an integrated circuit. In such a condition, high resolution, the surface smoothness of the image surface, little distortion (distortion aberration), etc. are demanded about projection optics. For this reason, in order to acquire high resolution, for example, exposure wavelength λ is shortened or numerical aperture NA of projection optics is enlarged. Moreover, a curvature of field is made small and efforts to mitigate distortion aberration are made.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Thus, the lens number of sheets which constitutes projection optics increased, and the configuration is increasingly complicated as a military requirement becomes severe. For this reason, in order to suppress many aberration, such as a curvature of field of projection optics, astigmatism, and distortion aberration, in the condition of having carried in the projection aligner, as a layout value and to demonstrate desired high performance, it is necessary to make high each manufacture precision and assembly precision of lens components which constitute projection optics. however -- the projection optics carried in the projection aligner even if it made high each manufacture precision and assembly precision of lens components -- especially -- rotation -- many aberration, such as a gap of an unsymmetrical image position and eccentric astigmatism, will remain. here -- rotation -- a gap of the image position from the ideal image point is in an unsymmetrical aberration condition about an optical axis, and a gap of an unsymmetrical image position is the so-called distortion aberration. Moreover, eccentric astigmatism is astigmatism which originates in the eccentricity of the optical axis of each lens, and the layout optical axis of projection optics, and is generated.

[0004] this invention is made in view of the above-mentioned technical problem -- having -- a manufacture error, an assembly error, etc. -- originating -- projection optics -- rotation -- even if many aberration, such as a gap of an unsymmetrical image position and eccentric astigmatism, remains, it aims at offering the highly efficient projection aligner excellent in the repeatability which can amend these residual aberrations at any time where projection optics is carried.

[0005]

[Means for Solving the Problem] In order to solve said technical problem, it sets to the 1st invention of this invention. In a projection aligner equipped with an illumination-light study system for illuminating the 1st body, and projection optics for projecting an image of said 1st body illuminated by this illumination-light study system on the 2nd body The 1st lens group in which said projection optics has positive refractive power sequentially from said 1st body side, The 2nd lens group which has negative refractive power, and the 3rd lens group which has positive refractive power, It has the 4th lens group which has negative refractive power, the 5th lens group which has positive refractive power, and the 6th lens group which has positive refractive power. Said projection optics By having an optical member which consisted of at least one lens which can incline in one to an optical axis in said 1st lens group and said 2nd lens group, and making said optical member incline to an optical axis rotation which remains in said projection optics -- a projection aligner characterized by amending a gap or eccentric astigmatism of an unsymmetrical image position is offered.

[0006] According to the desirable mode of the 1st invention, said optical member The 1st optical member which consisted of at least one lens which can incline in one to an optical axis in said 1st lens group and said 2nd lens group, It

consists of at least one lens which can incline in one to an optical axis in said 1st lens group and said 2nd lens group. The 2nd optical member which can incline independently with said 1st optical member, Consist of at least one lens which can incline in one to an optical axis in said 1st lens group and said 2nd lens group, and it becomes said 1st optical member and said 2nd optical member from the 3rd optical member which can incline independently. rotation which remains in said projection optics by making said 1st optical member, said 2nd optical member, and said 3rd optical member incline to an optical axis, respectively -- a gap and eccentric astigmatism of an unsymmetrical image position are amended independently.

[0007] Moreover, according to the desirable mode of the 1st invention, a focal distance of said 1st lens group is set to f_1 . It is a focal distance of said 2nd lens group f_2 It carries out and is a focal distance of said 3rd lens group f_3 It carries out. It is a focal distance of said 4th lens group f_4 It carries out and is a focal distance of said 5th lens group f_5 It carries out and is a focal distance of said 6th lens group f_6 When carrying out and setting shaft top distance from said 1st body to said 2nd body to L , it is $f_1 / L < 0.8$. (1)

$-0.033 < f_2 / L$ (2)

$0.01 < f_3 / L < 1.0$ (3)

$f_4 / L < -0.005$ (4)

$0.01 < f_5 / L < 0.9$ (5)

$0.02 < f_6 / L < 1.6$ (6)

***** is satisfied.

[0008] In a projection aligner equipped with an illumination-light study system for illuminating the 1st body, and projection optics for projecting an image of said 1st body illuminated by this illumination-light study system on the 2nd body in the 2nd invention of this invention It has an optical member for amending a gap or eccentric astigmatism of an unsymmetrical image position. rotation which said projection optics consists of at least one lens which can incline in one to an optical axis, and remains in said projection optics -- It is incidence high [to a lens side of a chief ray from a point of the maximum body high on said 1st body] h_0 It carries out. It is incidence high [to a lens side of an oblique ray which has the maximum numerical aperture from an axial choice-goods point on said 1st body] h_1 A lens which constitutes said optical member when carrying out and setting the maximum effective diameter of said projection optics to ϕ is $0.170 < h_0 / \phi$. (12)

$h_1 / \phi < 0.35$ (13)

A projection aligner characterized by satisfying ***** is offered.

[0009] According to the desirable mode of the 2nd invention, said optical member The 1st optical member which consisted of at least one lens which can incline in one to an optical axis, It consists of at least one lens which can incline in one to an optical axis. The 2nd optical member which can incline independently with said 1st optical member, Consist of at least one lens which can incline in one to an optical axis, and it becomes said 1st optical member and said 2nd optical member from the 3rd optical member which can incline independently. rotation which remains in said projection optics by making said 1st optical member, said 2nd optical member, and said 3rd optical member incline to an optical axis, respectively -- a gap and eccentric astigmatism of an unsymmetrical image position are amended independently.

[0010]

[Embodiment of the Invention] The projection optics of this invention is equipped with the 1st lens group which has positive refractive power, the 2nd lens group which has negative refractive power, the 3rd lens group which has positive refractive power, the 4th lens group which has negative refractive power, the 5th lens group which has positive refractive power, and the 6th lens group which has positive refractive power sequentially from the 1st body side.

[0011] The 1st lens group which has positive refractive power has mainly contributed to amendment of distortion, maintaining tele cent rucksack nature. A positive distortion was generated in the 1st lens group, and, specifically, a negative distortion generated in two or more lens groups arranged rather than the 1st lens group at the 2nd body side is amended with sufficient balance. The 4th lens group which has the 2nd lens group and the negative refractive power which have negative refractive power mainly contributes to amendment of the PETTSU bar sum, and its flattening of the image surface is in drawing. The 2nd lens group which has negative refractive power, and the 3rd lens group which has positive refractive power form the reverse looking-far system, and has contributed to reservation of the back focus (most shaft top distance [Projection optics] from the lens side by the side of the 2nd body to the 2nd body) of projection optics. The 6th lens group which has the 5th lens group and the same positive refractive power which have positive refractive power has contributed mainly to suppressing generating of distortion, and suppressing generating of spherical aberration as much as possible, especially since it corresponds to high NA-ization by the side of the 2nd body enough.

[0012] In this invention, it has the optical member as controller material which consisted of at least one lens which can incline in one to the optical axis in the 1st lens group and the 2nd lens group. It is advantageous to amending the lens in the 1st lens group and the 2nd lens group, and the aberration about distortion aberration and the image surface since the chief ray from the point of the maximum body high on the 1st body separates and passes from an optical axis with the lens in the 1st lens group especially. Therefore, the inclination direction component (henceforth "S-dist") of the gap (henceforth "M-dist") from the ideal image point of the image position of the inclination direction and the gap from the ideal image point of the image position of the inclination direction and the direction which intersects perpendicularly can be generated by making the optical member (controller material) which consists of these lenses incline to an optical axis. Moreover, it can generate, the difference, i.e., the astigmatic difference, of a meridional image surface and the sagittal image surface.

[0013] In this way, the eccentric astigmatism which remains for example, in projection optics can be amended by making one optical member incline to an optical axis. moreover, the rotation which remains in projection optics by making two optical members (controller material) which can incline incline to an optical axis mutually-independent -- a gap of an unsymmetrical image position can be amended. furthermore, the rotation which remains in projection optics by making three optical members which can incline incline to an optical axis mutually-independent -- a gap and the eccentric astigmatism of an unsymmetrical image position can be amended independently. therefore -- this invention -- a manufacture error, an assembly error, etc. -- originating -- projection optics -- rotation -- even if many aberration, such as a gap of an unsymmetrical image position and eccentric astigmatism, remains, where projection optics is carried, these residual aberrations can be amended at any time.

[0014] In addition, in this invention, it is desirable to satisfy following conditional-expression (1) - (6).

$$f1 / L < 0.8 \quad (1)$$

$$-0.033 < f2 / L \quad (2)$$

$$0.01 < f3 / L < 1.0 \quad (3)$$

$$f4 / L < -0.005 \quad (4)$$

$$0.01 < f5 / L < 0.9 \quad (5)$$

$$0.02 < f6 / L < 1.6 \quad (6)$$

[0015] At conditional expression (1), it is the focal distance $f1$ of the 1st lens group of positive refractive power. The optimal ratio with the shaft top distance (length between object images) L from the 1st body (reticle etc.) to the 2nd body (wafer etc.) is specified. Conditional expression (1) is the conditional expression for mainly amending distortion with sufficient balance. If it exceeds the upper limit of conditional expression (1), since a negative distortion will occur greatly, it is not desirable. In addition, while attaining miniaturization, securing a predetermined contraction scale factor and a large predetermined exposure field, in order to amend distortion still better, it is desirable to set the upper limit of conditional expression (1) to 0.14. Moreover, in order to suppress generating of the spherical aberration of a pupil still better, it is desirable to set a lower limit as conditional expression (1), and to set the value to 0.02.

[0016] At conditional expression (2), it is the focal distance $f2$ of the 2nd lens group of negative refractive power. The optimal ratio with the shaft top distance (length between object images) L from the 1st body to the 2nd body is specified. Conditional expression (2) is the conditional expression for attaining miniaturization, securing a large exposure field, and amending the PETTSU bar sum good. If less than the lower limit of conditional expression (2), since it not only becomes difficult to attain miniaturization, but the positive PETTSU bar sum will occur, securing a large exposure field, it is not desirable. In addition, for achievement of the further miniaturization, or still better amendment of the PETTSU bar sum, it is desirable to set the lower limit of conditional expression (2) to -0.032. Moreover, in order to suppress generating of a negative distortion still better, it is desirable to set a upper limit as conditional expression (2), and to set the value to -0.005.

[0017] At conditional expression (3), it is the focal distance $f3$ of the 3rd lens group of positive refractive power. The optimal ratio with the shaft top distance (length between object images) L from the 1st body to the 2nd body is specified. If less than the lower limit of conditional expression (3), the refractive power of the 2nd lens group or the refractive power of the 4th lens group will become strong. Consequently, since a negative distortion and generating of comatic aberration are caused in the 2nd lens group and generating of comatic aberration is caused in the 4th lens group, it is not desirable. On the other hand, if it exceeds the upper limit of conditional expression (3), since the refractive power of the 2nd lens group or the 4th lens group becomes weak and it becomes impossible to amend the PETTSU bar sum good, it is not desirable.

[0018] At conditional expression (4), it is the focal distance $f4$ of the 4th lens group of negative refractive power. The optimal ratio with the shaft top distance (length between object images) L from the 1st body to the 2nd body is specified. If it exceeds the upper limit of conditional expression (4), since comatic aberration occurs, it is not desirable.

In addition, in order to suppress generating of comatic aberration still better, it is desirable to set the upper limit of conditional expression (4) to -0.047. Moreover, in order to amend spherical aberration good, it is desirable to set a lower limit as conditional expression (4), and to set the value to -0.098.

[0019] At conditional expression (5), it is the focal distance f_5 of the 5th lens group of positive refractive power. The optimal ratio with the shaft top distance (length between object images) L from the 1st body to the 2nd body is specified. Conditional expression (5) is the conditional expression for amending spherical aberration, distortion, and the PETTSU bar sum with sufficient balance, maintaining the big numerical aperture NA. If less than the lower limit of conditional expression (5), the positive refractive power of the 5th lens group will become strong too much. Consequently, since not only a negative distortion but negative spherical aberration occurs serious in the 5th lens group, it is not desirable. On the other hand, if it exceeds the upper limit of conditional expression (5), the positive refractive power of the 5th lens group will become weak too much, and the negative refractive power of the 4th lens group will also become weak inevitably. Consequently, since it becomes impossible to amend the PETTSU bar sum good, it is not desirable.

[0020] At conditional expression (6), it is the focal distance f_6 of the 6th lens group of positive refractive power. The optimal ratio with the shaft top distance (length between object images) L from the 1st body to the 2nd body is specified. Conditional expression (6) is the conditional expression for suppressing generating of high order spherical aberration and a negative distortion, maintaining a big numerical aperture. If less than the lower limit of conditional expression (6), since a negative distortion will occur greatly in the 6th lens group itself, it is not desirable. On the other hand, if it exceeds the upper limit of conditional expression (6), since high order spherical aberration will occur, it is not desirable.

[0021] Moreover, in the 2nd lens group, it is most desirable to the 1st body side that the front lens which has the negative refractive power which turned the concave surface to the 2nd body side is arranged. This front lens can perform amendment of a curvature of field and comatic aberration good. Furthermore, in the 2nd lens group, it is most desirable to the 2nd body side that the back lens of the negative meniscus configuration where the concave surface was turned to the 1st body side is arranged. With this back lens, while mainly amending comatic aberration good, amendment of a curvature of field can also be performed. Moreover, in the 2nd lens group, it is desirable that the middle lens group which has at least the 1st lens which has positive refractive power, the 2nd lens which has negative refractive power, and the 3rd lens which has negative refractive power sequentially from the 1st body side between a front lens and a back lens is arranged. In this case, negative distortion generated with this 1st lens in the 2nd lens and the 3rd lens which have been greatly contributed to amendment of a curvature of field can be amended good.

[0022] Moreover, in this invention, it is desirable to satisfy the following conditional expression (7).

$1.0 < I/L$ (7)

Conditional expression (7) has prescribed the optimal ratio of the shaft top distance I from the 1st body to the 1st body side focus of the whole projection optics, and the shaft top distance L from the 1st body to the 2nd body. Here, the 1st body side focus of the whole projection optics means the point that the light of the paraxial field is injected from projection optics, and crosses an optical axis, when carrying out incidence of the parallel light in a paraxial field from the 2nd body side of projection optics to the optical axis of projection optics.

[0023] If less than the lower limit of conditional expression (7), the tele cent rucksack nature by the side of the 1st body of projection optics will collapse sharply, and fluctuation of distortion will become large at the fluctuation list of the scale factor resulting from a gap of the direction of an optical axis of the 1st body. Consequently, since it becomes difficult to project the image of the 1st body on the 2nd body faithfully under a desired scale factor, it is not desirable. In addition, in order to suppress fluctuation of distortion still better in the fluctuation list of the scale factor resulting from a gap of the direction of an optical axis of the 1st body, it is desirable to set the lower limit of conditions (7) to 1.7. Moreover, in order to amend the spherical aberration and distortion of a pupil with both sufficient balance, maintaining miniaturization of projection optics, it is desirable to set an upper limit as conditional expression (7), and to set the value to 6.8.

[0024] Moreover, it sets to this invention and is r_2Ff about the radius of curvature of the field by the side of the 1st body of the front lens in the 2nd lens group. It carries out and is r_2Fr about the radius of curvature of the field by the side of the 2nd body of a front lens. When carrying out, it is desirable to satisfy the following conditional expression (8).

$1.00 \leq (r_2Ff - r_2Fr) / (r_2Ff + r_2Fr) < 5.0$ (8)

If less than the lower limit of conditional expression (8), since it becomes impossible to fully amend spherical aberration of a pupil, it is not desirable. On the other hand, if it exceeds the upper limit of conditional expression (8), since comatic aberration occurs, it is not desirable.

[0025] Moreover, in this invention, when setting the axial sky mind gap between the 5th lens group and the 6th lens

group to d56 and setting shaft top distance from the 1st body to the 2nd body to L, it is desirable to satisfy the following conditional expression (9).

$$d56/L < 0.017 \quad (9)$$

If it exceeds the upper limit of conditional expression (9), the air gap between the 5th lens group and the 6th lens group will become large, and the yield of a positive distortion will become small. Consequently, since it becomes difficult to amend a negative distortion generated in the positive lens in the 5th lens group with sufficient balance, it is not desirable.

[0026] moreover, this invention -- setting -- the 6th lens group -- most -- the radius of curvature of the lens side by the side of the 1st body -- r6F -- carrying out -- the 6th lens group -- most -- the shaft top distance from the lens side by the side of the 1st body to the 2nd body -- d6 ** -- when carrying out, it is desirable to satisfy the following conditional expression (10).

$$0.50 < d6 / r6F < 1.50 \quad (10)$$

If less than the lower limit of conditional expression (10), since the positive refractive power of the lens side by the side of the 1st body becomes strong too much most, and a negative distortion and comatic aberration occur greatly, it is not [of the 6th lens group] desirable. If it exceeds the upper limit of conditional expression (10), since the positive refractive power of the lens side by the side of the 1st body becomes weak too much most, and comatic aberration occurs greatly, it is not [of the 6th lens group] desirable. In addition, in order to suppress generating of comatic aberration still better, it is desirable to set the lower limit of conditional expression (10) to 0.84.

[0027] Moreover, in this invention, it is desirable to satisfy the following conditional expression (11).

$$0 \leq f2 \quad F/f2R < 18 \quad (11)$$

Conditional expression (11) has prescribed the optimal ratio of focal distance f2R of the back lens in the 2nd lens group, and focal distance f2F of the front lens in the 2nd lens group. If it deviates from the range limited by the lower limit and upper limit of conditional expression (11), since it will become difficult for the balance of the refractive power of the 1st lens group or the 3rd lens group to collapse, and to amend distortion good or to amend the PETTSU bar sum and astigmatism good to coincidence, it is not desirable.

[0028] In order to specifically demonstrate sufficient aberration function in each lens group which constitutes projection optics, constituting as follows is desirable. In order to demonstrate the function to suppress generating of the spherical aberration of a pupil in a high order distortion list in the 1st lens group, it is desirable that the 1st lens group has at least two positive lenses. Moreover, in order to demonstrate the function to suppress aggravation of spherical aberration and the PETTSU bar sum in the 3rd lens group, it is desirable that the 3rd lens group has at least three positive lenses. Furthermore, in order to demonstrate the function to suppress generating of comatic aberration, amending the PETTSU bar sum in the 4th lens group, it is desirable that the 4th lens group has at least three negative lenses.

[0029] Moreover, in order to demonstrate the function to suppress a negative distortion and generating of spherical aberration in the 5th lens group, it is desirable that the 5th lens group has at least five positive lenses. Furthermore, in order to demonstrate the function which amends a negative distortion and the negative PETTSU bar sum in the 5th lens group, it is desirable that the 5th lens group has at least one negative lens. Moreover, in order to make it condense on the 2nd body so that spherical aberration may not be greatly generated in the 6th lens group, it is desirable that this 6th lens group has at least one positive lens.

[0030] In addition, as mentioned above, in order to amend distortion aberration and the aberration about the image surface, it is advantageous to constitute an optical member (controller material) using a lens with which the location through which the chief ray from the point of the maximum body high on the 1st body passes is distant from the optical axis. Therefore, as for the lens which constitutes the optical member as controller material, in this invention, it is desirable to satisfy the following conditional expression (12) and (13).

$$0.170 < h0 / \phi \quad (12)$$

$$h1 / \phi < 0.35 \quad (13)$$

[0031] Here, it is h0. : The incidence high when carrying out incidence to the lens side of the lens with which the chief ray from the point of the maximum body high on the 1st body constitutes projection optics, Or the incidence high h1 when carrying out incidence to the lens side in the optical member (controller material) before the chief ray from the point of the maximum body high on the 1st body inclines : The incidence high when carrying out incidence to the lens side of the lens with which the oblique ray which has the maximum numerical aperture from the axial choice-goods point on the 1st body constitutes projection optics, Or the incidence high phi when carrying out incidence to the lens side in the optical member (controller material) before the oblique ray which has the maximum numerical aperture from the axial choice-goods point on the 1st body inclines : The maximum effective diameter of projection optics (diameter) when the lens which constitutes an optical member satisfies conditional expression (12) and (13), without it generates

other aberration greatly -- rotation -- a gap and the eccentric astigmatism of an unsymmetrical image position can be amended.

[0032] The example of this invention is explained based on an accompanying drawing. Drawing 1 is drawing showing roughly the configuration of the projection aligner concerning the example of this invention. Moreover, drawing 2 is drawing showing the lens configuration of the projection optics PL of drawing 1. In drawing 1, the reticle R as the projection original edition with which the predetermined circuit pattern was formed in the body side of projection optics PL (the 1st body) is arranged, and the wafer W as a photosensitive substrate (the 2nd body) is arranged in the image surface of projection optics PL. Here, Reticle R is held on the reticle stage RS, and Wafer W is held on the wafer stage WS constituted movable two-dimensional in the field perpendicular to the optical axis AX of projection optics PL.

[0033] Moreover, above Reticle R, the illumination-light study equipment IS for carrying out homogeneity lighting of the reticle R is arranged. In the interior of illumination-light study equipment IS, it is for example, i line (365nm). The light source like the mercury lamp which supplies light is arranged. The light supplied from illumination-light study equipment IS illuminates Reticle R, and the image of the light source in illumination-light study equipment IS is formed in the pupil location (location of aperture-diaphragm AS) of projection optics PL. That is, illumination-light study equipment IS carries out homogeneity lighting of the reticle R under Koehler illumination. And the pattern image of the reticle R in which Koehler illumination was carried out by projection optics PL is exposed on Wafer W (imprint).

[0034] And a wafer process ends the wafer which passed through the production process (photolithography production process) of exposure by the projection aligner shown in drawing 1 through the production process of resist removal of removing the unnecessary resist after the production process of etching of removing portions other than the resist developed since it passes the production process to develop, and the production process of etching etc. And finally termination of a wafer process manufactures the semiconductor devices (LSI etc.) as a device like an actual erector through each production process, such as dicing which was able to be burned and which cuts and chip-izes a wafer for every circuit, bonding which gives wiring etc. to each chip, and packaging which carries out packaging for every chip. In addition, although the example which manufactures a semiconductor device according to the photolithography production process in the wafer process which used the projection aligner was shown above, a liquid crystal display element, the thin film magnetic head, and image sensors (CCD etc.) can be manufactured as a semiconductor device according to the photolithography production process using an aligner.

[0035] the 1st lens group G1 in which projection optics PL has positive refractive power sequentially from the reticle R side as the 1st body when drawing 2 is referred to the 2nd lens group G2 which has negative refractive power 3rd lens group G3 which has positive refractive power The 4th lens group G4 which has negative refractive power The 5th lens group G5 which has positive refractive power The 6th lens group G6 which has positive refractive power from -- it is constituted. In a body and image side (Reticle R side) (Wafer W side), projection optics PL is a tele cent rucksack substantially, and has a contraction scale factor.

[0036] The 1st lens group G1 Sequentially from the body side, it consists of a negative meniscus lens L11 which turned the concave surface to the image side, a biconvex lens L12 which turned the convex to the body side, and two biconvex lenses L13 and L14 to which the field of curvature strong against a body side was turned. The 2nd lens group G2 It consists of middle lens group G2M which are arranged between biconcave lens L2F (front lens) arranged most at the body side, negative meniscus lens L2R (back lens) which has been arranged most at the image side and turned the concave surface to the body side, and biconcave lens L2F and negative meniscus lens L2R, and have negative refractive power. Middle lens group G2M consist of a biconvex lens LM1 (the 1st lens) to which the field of curvature strong against an image side was turned sequentially from the body side, a biconcave lens LM2 (the 2nd lens) to which the field of curvature strong against an image side was turned, and a biconcave lens LM3 (the 3rd lens) to which the field of curvature strong against a body side was turned.

[0037] 3rd lens group G3 It consists of two positive meniscus lenses L31 and L32 to which the field of curvature strong against an image side was turned sequentially from the body side, biconvex lenses L33, a biconvex lens L34 to which the field of curvature strong against a body side was turned, and a positive meniscus lens L35 to which the field of curvature strong against a body side was turned. The 4th lens group G4 Sequentially from the body side, it consists of two negative meniscus lenses L41 and L42 which turned the concave surface to the image side, the negative meniscus lens L43 which turned the concave surface to the body side, a biconcave lens L44, a positive meniscus lens L45 which turned the convex to the body side, and a biconcave lens L46 which turned the concave surface to the body side.

[0038] The 5th lens group G5 Two biconvex lenses L51 and L52 which turned the convex to the image side sequentially from the body side, A biconvex lens L53 and the negative meniscus lens L54 which turned the concave surface to the body side, It consists of a biconvex lens L55 to which the field of strong curvature was turned by the body side, two positive meniscus lenses L56 and L57 of the configuration where the field of strong curvature was turned by the body

side, and a negative meniscus lens L58 which turned the concave surface to the image side. The 6th lens group G6 Sequentially from the body side, it consists of a biconvex lens L61 to which the field of strong curvature was turned by the body side, and a biconcave lens L62 which turned the concave surface to the body side. Moreover, aperture-diaphragm AS is arranged between the positive meniscus lens L45 and the biconcave lens L46.

[0039] When drawing 1 is referred to again, to projection optics PL As the 1st controller material which contains the negative meniscus lens L11 which can incline to an optical axis As the **** 1 optical member T1 and the 2nd controller material which contains the biconvex lens L12 and biconvex lens L13 which can incline in one to an optical axis 3rd optical member T3 as the **** 2 optical member T2 and the 3rd controller material which contains the biconvex lens L14 and biconcave lens L2F which can incline in one to an optical axis is prepared. It dissociates from the Maine lens-barrel M, and the 1st optical member T1, the 2nd optical member T2, and 3rd optical member T3 are constituted mutually-independent. And between 3rd optical member T3 and the Maine lens-barrel M, two or more driver elements (DE1-DE3) like a piezo-electric element are prepared in the part (for example, three places) between the 2nd optical member T2 and 3rd optical member T3, respectively between the 1st optical member T1 and the 2nd optical member T2.

[0040] Therefore, according to an operation of the driver element DE 1 between the 1st optical member T1 and the 2nd optical member T2, if only the 1st optical member T1 pulls, only a negative meniscus lens L11 inclines to an optical axis. Moreover, according to an operation of the driver element DE 2 between the 2nd optical member T2 and 3rd optical member T3, if the 1st optical member T1 and the 2nd optical member T2 pull, a negative meniscus lens L11, a biconvex lens L12, and a biconvex lens L13 incline in one to an optical axis. Furthermore, according to an operation of the driver element DE 3 between 3rd optical member T3 and the Maine lens-barrel M, if the 1st optical member T1, the 2nd optical member T2, and 3rd optical member T3 pull, a negative meniscus lens L11, a biconvex lens L12, a biconvex lens L13, a biconvex lens L14, and biconcave lens L2F incline in one to an optical axis. That is, it consists of this examples so that the 1st optical member T1, the 2nd optical member T2, and 3rd optical member T3 can be made to incline independently to an optical axis, respectively.

[0041] The value of the item of the projection optics PL in this example is hung up over the following table (1). In the table (1), the left end numeric character shows the refractive index [as opposed to / in n / r / radius of curvature / of each lens side / d / the exposure wavelength of $\lambda = 365\text{nm}$ for each lens spacing] for the sequence of each lens side from a body side (Reticle R side). Moreover, d0 The 1st body (reticle R) to the 1st lens group G1 Most the shaft top distance to the lens side by the side of a body (Reticle R side) For beta, Bf is the 6th lens group G6 about the projection scale factor of projection optics PL. Most the shaft top distance from the lens side by the side of an image (Wafer W side) to the image surface (the Wth page of wafer) L is carrying out the table of the shaft top distance, i.e., length between object images, from a body side (the Rth page of reticle) to the image surface (the Wth page of wafer) for the numerical aperture [NA] by the side of the image of projection optics PL (Wafer W side), respectively.

[0042]

[A table 1]

$d_0 = 94.97557$
 $\beta_0 = 1/5$
 $NA = 0.57$
 $Bf = 22.68864$
 $L = 1100$

	r	d	n
1	758.59372	18.01962	1.66638
2	273.07409	8.00000	
3	407.25600	34.43806	1.53627
4	-305.98082	0.50000	
5	200.00000	36.31512	1.53627
6	-950.89920	0.50000	
7	251.35670	36.00000	1.53627
8	-1111.20100	5.00000	
9	-3000.00000	13.00000	1.66638
10	103.53326	19.34714	
11	583.43731	21.86239	1.53627
12	-202.73262	3.71513	
13	-389.07550	13.00000	1.53627
14	118.39346	25.82991	
15	-119.29984	13.00000	1.53627
16	228.68065	35.35939	
17	-118.78231	15.61439	1.53627
18	-2000.00000	15.00000	
19	-534.21970	30.58806	1.53627
20	-172.96367	0.50000	
21	-3045.95900	30.55054	1.53627
22	-252.31005	0.50000	
23	787.95642	31.33960	1.53627
24	-470.11486	0.50000	
25	429.05519	31.10739	1.53627
26	-1033.56100	0.50000	
27	276.54228	29.82671	1.53627
28	3383.80700	0.50000	
29	200.56082	25.00000	1.53627
30	149.82206	51.17799	
31	191.38232	25.00000	1.53627
32	122.34204	25.15581	
33	-276.65501	13.00000	1.66638
34	-597.90043	9.14516	
35	-190.18194	13.00000	1.66638
36	360.79756	3.75310	
37	434.45763	13.00000	1.53627
38	643.56408	31.17056	
39	-951.39487	20.00000	1.66638

40	360.75541	3.46004	
41	395.41239	33.29191	1.53627
42	-229.24043	0.50000	
43	405.02177	21.76952	1.53627
44	-1456.27300	0.50000	
45	334.62149	34.87065	1.53627
46	-316.02886	8.19653	
47	-226.66975	20.00000	1.66638
48	-421.19119	0.50000	
49	245.00959	27.62592	1.53627
50	-6478.64400	0.50000	
51	118.64887	24.82664	1.53627
52	182.84804	0.50000	
53	106.97354	29.80517	1.53627
54	305.86346	2.86446	
55	330.12685	13.00000	1.66638
56	65.69252	7.67289	
57	76.63392	29.80077	1.53627
58	-405.45793	2.41289	
59	-314.04117	20.42250	1.53627
60	1180.34000	(Bf)	

(Value corresponding to conditions)

(1) $f_1/L = 0.129$ (2) $f_2/L = -0.030$ (3) $f_3/L = 0.106$ (4) $f_4/L = -0.070$ (5) $f_5/L = 0.080$ (6) $f_6/L = 0.143$ (7) $I/L = 2.02$ (8) and $(r_2Ff-r_2Fr)/(r_2Ff+r_2Fr) = 1.07$ (9) $d_56/L = 0.007$ (10) $d_6/r_6F = 0.983$ (11) $f_2F/f_2R = 0.635$ [0043] It sets to the above-mentioned projection optics PL, and is G1-n. The amount of fluctuation in the maximum body high of many aberration at the time of making only 0.01 degrees of shown lens groups incline to an optical axis (unit: micrometer) is shown in the following table (2). It sets to a table (2) and is G1-n. Sequentially from the 1st body side, the lens group from the 1st negative meniscus lens L11 to the n-th lens is shown. Moreover, Astigmatism M shows the astigmatism of a meridional side and Astigmatism S shows the astigmatism of a sagittal side, respectively. The gap with the location where the top light of the maximum numerical aperture from the point of the maximum body high on the 1st body furthermore carries out incidence of the coma sum to the 2nd body, and the location as for which the chief ray from the point of the maximum body high on the 1st body carries out incidence to the 2nd body, It is total with the gap with the location as for which the bottom light of the maximum numerical aperture from the point of the maximum body high on the 1st body carries out incidence to the 2nd body, and the location as for which the chief ray from the point of the maximum body high on the 1st body carries out incidence to the 2nd body. Therefore, when the value of the coma sum is positive and the method comatic aberration of outside is [the value of the coma sum] negative, inner direction comatic aberration will occur.

[0044]

[A table 2]

M-dist S-dist Astigmatism M Astigmatism S Astigmatic difference Coma sum G1-1 0.95 0.24 - 1.18 - 0.37 - 0.81 0.49G1-2 0.11 0.06 0.11 0.10 0.01 0.09G1-3 -0.21 - 0.01 1.40 0.55 0.85-0.43G1-4 0.66 0.20 1.29 0.52 0.77 - 0.42G1-5 0.210.21 -1.03-0.32-0.711.12G1-6 0.51 0.18 - 1.42 -0.37-1.05 1.07G1-7 -0.24 0.12-2.78 -1.12 - 1.66 3.45 G1-8 0.10 0.12-5.33 -3.41 - 1.92 8.28G1-9-0.44-0.38 - 3.42 - 4.97 1.5510.44G1-10 0.28 0.12 - 6.34 - 4.18 - 2.16 10.17G1-11 0.73 0.45 -6.25 - 2.70-3.55 4.95 G1-12 1.23 0.74 - 4.70 - 1.09 - 3.61 -4.94G1-132.15 1.11 - 4.49 - 0.31-4.18-14.52G1-143.77 1.66 - 7.53 - 1.05 -6.48 - 20.85G1-15 3.06 1.46 - 6.37 - 0.61-5.76-17.70G1-16 2.05 1.21 - 3.29 0.33-3.62 - 10.37G1-17 1.85 1.21 - 5.91 - 1.06 -4.85-6.88G1-18 0.47 0.97 - 12.53 - 7.69 -4.8422.21G1-19 0.631.01-12.87 - 7.40 - 5.47 17.34G1-20 0.52 1.21 - 6.88 - 9.79 2.9179.49 G1-211.10 1.02 - 4.35-2.40 - 1.95 24.08G1-22 1.01 0.83 - 6.93 - 1.15 -5.78 2.38G1-231.17 0.61 -5.71 1.54 - 7.25 - 39.55G1-24 0.77 0.57 -7.10 0.49 - 7.59 3.78G1-25 0.28 0.23 -7.05 1.22 - 8.27 - 13.38G1-26 -1.48 -0.43-12.73-0.80 - 11.93 - 9.77G1-27 -2.47 -0.80 1.16 0.87 0.29 28.87G1-281.26 0.81-15.75 1.10 - 16.85 7.26G1-29 -0.22-0.04 -2.51 -1.24 -1.27 -37.07G1-30 0.00 0.00 3.25 3.26 -0.01-0.10 [0045] Drawing 3 (a) shows the amount of fluctuation of many aberration at the time (namely, G1 of a table (2) -1 correspondence) of making only

the 0.01 degrees only of the 1st optical members T1 incline to an optical axis. Moreover, drawing 3 (b) shows the amount of fluctuation of many aberration at the time (namely, G1 of a table (2) -3 correspondence) of making only the 1st optical member T1 and the 0.01 degrees of the 2nd optical members T2 incline in one to an optical axis. Furthermore, drawing 3 (c) shows the amount of fluctuation of many aberration at the time (namely, G1 of a table (2) -5 correspondence) of making only the 1st optical member T1, the 2nd optical member T2, and 0.01 degrees of 3rd optical member T3 incline in one to an optical axis. In addition, in drawing showing the astigmatism of drawing 3 (a) - (c), a dashed line shows the astigmatism of a meridional side and the continuous line shows the astigmatism of a sagittal side, respectively.

[0046] When a table (2) is referred to, it is lens group G1-7 from the 1st body side to the 7th. When it is made to incline in one, it turns out that comatic aberration (coma sum) occurs greatly. That is, by the lens data of this example which the allowed value of comatic aberration (coma sum) is about 1/10000 value, and shows it in a table (1) experientially to the maximum body high in the wafer W as a photosensitive substrate (the 2nd body), since the maximum body high in Wafer W is 15.6mm, the allowed value of comatic aberration (coma sum) is set to about 1.56 micrometers. In consideration of this point, each optical member (each controller material) consists of this examples using the lens from the 1st body side to the 5th. In addition, the lens used for 3rd optical member T3 from the 1st optical material T1 shows the value corresponding to conditions of conditional expression (12) and conditional expression (13) in the following tables (3), although it cannot be overemphasized that conditional expression (12) and (13) are satisfied.

[0047]

[A table 3]

L11: $h_0/\phi = 0.3429$ $h_1/\phi = 0.0922$ L12: $h_0/\phi = 0.3409$ $h_1/\phi = 0.1206$ L13: $h_0/\phi = 0.3288$ $h_1/\phi = 0.1295$ L14: $h_0/\phi = 0.2899$ $h_1/\phi = 0.1300$ L2F: $h_0/\phi = 0.2333$ $h_1/\phi = 0.1296$ LM1: $h_0/\phi = 0.1874$ $h_1/\phi = 0.1550$ [0048] However, the lens with the maximum effective diameter is L34, and the maximum effective diameter ϕ at this time is 227.5mm. Moreover, since the aberration which is a candidate for amendment influences image quantity greatly, it is desirable for injection high in case the chief ray from the maximum body high of Reticle (the 1st body) R injects the 1st, 2nd, and 3rd optical member as controller material as the projection original edition, respectively to differ. The injection high when injecting the 1st optical member (negative meniscus lens L11) T1 as the 1st controller material before the chief ray from the maximum body high of Reticle (the 1st body) R inclines as the projection original edition in this example For this reason, h_a . The injection high when injecting the 2nd optical member (biconvex lenses L12 and L13) T2 as the 2nd controller material before the chief ray from the maximum body high of Reticle (the 1st body) R inclines as the projection original edition h_b . The injection high when injecting 3rd optical member (biconvex lens L14 and biconcave lens L2F) T3 as the 3rd controller material before the chief ray from the maximum body high of Reticle (the 1st body) R inclines as the projection original edition h_c . When setting the maximum body high of the reticle (the 1st body) R as the projection original edition to Y, following conditional-expression (a) - (c) is satisfied.

$0.95 < h_a/Y$ (a)

$0.82 < h_b/Y < 0.93$ (b)

$0.52 < h_c/Y < 0.72$ (c)

Here, the value corresponding to conditions of conditional-expression (a) - (c) is hung up over the following tables (4).

[0049]

[A table 4]

(a) $h_a/Y = 0.9868$ (b) $h_b/Y = 0.9057$ (c) $h_c/Y = 0.5788$ [0050] However, the injection high when injecting the negative meniscus lens L11 which constitutes the 1st optical member T1 before h_a inclines, The injection high when injecting the biconvex lens L13 of the 2nd optical member T2 before h_b inclines most located in an image side, h_c shows the injection high when injecting biconcave lens L2F of 3rd optical member T3 before inclining most located in an image side, respectively, and maximum body high [of Reticle (the 1st body) R / Y] is 78mm as the projection original edition.

[0051] As shown in drawing 3, the angle which makes the 1st optical member T1 incline is set to x, the angle which makes the 1st optical member T1 and the 2nd optical member T2 incline in one is set to y, and the angle which makes the 1st optical member T1, the 2nd optical member T2, and 3rd optical member T3 incline in one is set to z. In this case, based on a table (2), M-dist, S-dist, and the astigmatic difference are expressed with following formula (d) - (f), respectively. In addition, in formula (d) - (f), the unit of x, and y and z is whenever whenever [tilt-angle].

M-dist = $0.95x - 0.21y + 0.21z$ (d)

S-dist = $0.24x - 0.01y + 0.21z$ (e)

Astigmatic difference = $-0.81x + 0.85y - 0.71z$ (f)

[0052] Therefore, what is necessary is just to control x-z (minute) whenever [each tilt-angle] in this example, to be set.

to $x = 16.89$, $y = -0.03$, and $z = -19.31$, in order to amend only 0.2 micrometers only of M-dist, for example, without generating S-dist and the astigmatic difference. Moreover, what is necessary is just to control x-z (minute) whenever [each tilt-angle] to be set to $x = -2.90$, $y = 49.71$, and $z = 62.82$, in order to amend only 0.2 micrometers only of S-dist, for example, without generating M-dist and the astigmatic difference. Furthermore, what is necessary is just to control x-z (minute) whenever [each tilt-angle] to be set to $x = 4.14$, $y = 14.70$, and $z = -4.03$, in order to amend only 0.2 micrometers only of astigmatic difference, for example, without generating M-dist and S-dist. in this way, the rotation which remains in projection optics PL according to an operation of three optical members in this example -- a gap and the eccentric astigmatism of an unsymmetrical image position can be amended independently.

[0053] In addition, in the above-mentioned example, the piezo-electric element is used as a driver element for making each optical member incline to an optical axis. However, how to insert [metallic thin plate / with a thickness of several micrometers to dozens of micrometers] in two or more [between each optical member] as other methods of making each optical member incline to an optical axis, the method using the driver element using the principle of a micrometer, etc. are considered. Moreover, based on the measured amount of aberration, the drive of each optical member T1 - T3 is automatable by forming a mark in a part [****] mutually [a reticle and a wafer], and using a controllable driver element electrically like a piezo-electric element, when carrying out aberration measurement based on the gap with the mark image of a reticle and the mark of a wafer which were projected on the wafer.

[0054] For example, the configuration described below, then the measured automatic regulation of aberration become possible. While forming the light-receiving means D, such as an optoelectric transducer for aberration measurement, in the end of the wafer stage WS which specifically holds the wafer W shown in drawing 1 The amount calculation section of amendments which computes the amount of inclinations of each controller material (T1 - T3) based on the output signal from the light-receiving means D is prepared. Furthermore, the automatic regulation of the measured aberration becomes possible with constituting so that driving members (DE1-DE3), such as a piezo-electric element prepared corresponding to each controller material (T1 - T3), may be made to drive based on the amendment signal from the amount calculation section of amendments, respectively. At this time, the amount calculation section of amendments is prepared in the interior of the control system CS which controls the mechanical component DU equipped with the interference system which measures the location of the wafer stage WS, the motor to which the wafer stage WS is moved, and controls the location of the wafer stage WS. In addition, formula (d) - (f) mentioned above is memorized by this amount calculation section of amendments.

[0055] And while making the test reticle in which much marks for aberration measurement were formed hold to a reticle stage instead of the reticle which performs the usual exposure and setting the pattern side of a test reticle to the body side of projection optics, the wafer stage WS is made to drive through a mechanical component DU, and the light-receiving means D is set up in the exposure field of projection optics. Then, a light-receiving means detects each mark image of the test reticle etc. in photoelectricity through projection optics. The amount calculation section of amendments inside a control system CS outputs an amendment signal to each driving member (DE1-DE3) after computing the amount of inclinations of each controller material (T1 - T3), and makes a driving member (DE1-DE3) drive based on the output signal from the light-receiving means acquired using the test reticle, respectively. The inclination of each controller material (T1 - T3) can be set automatically, respectively so that this may amend each aberration measured with the light-receiving means D. In addition, although the example which prepared the amendment member was shown in the above example when all projection optics was constituted from a refractility optical member, it cannot be overemphasized that it can apply to the projection optics of the reflective refraction mold containing a reflective mold optical member and a refractility optical member etc. for example, without restricting to this.

[0056]

[Effect] it explained above -- as -- this invention -- a manufacture error, an assembly error, etc. -- originating -- projection optics -- rotation -- even if many aberration, such as an unsymmetrical image position and eccentric astigmatism, remains, the projection aligner which can amend these residual aberrations at any time where projection optics is carried is realizable. Consequently, even if it makes high neither manufacture precision nor assembly precision, highly precise projection exposure can be performed through the highly efficient projection optics which was always excellent in repeatability.

[Translation done.]

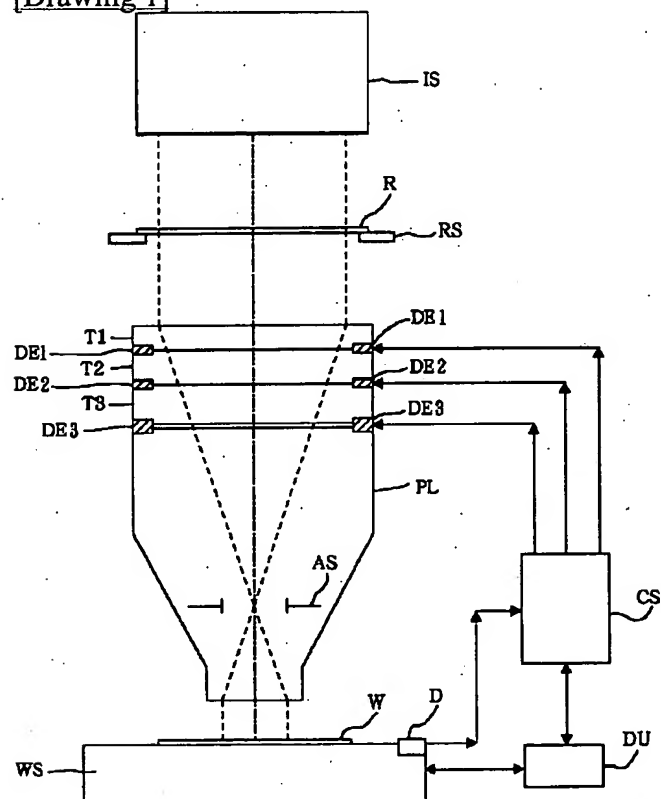
* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

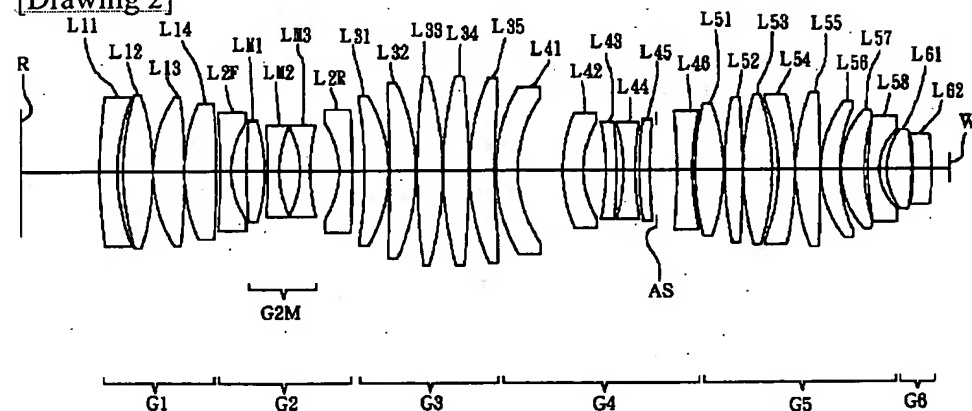
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

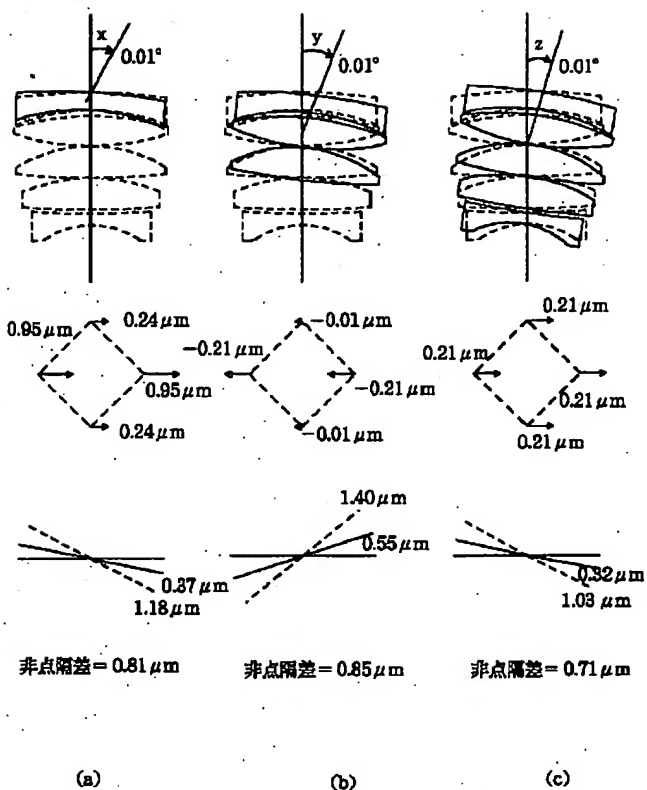
[Drawing 1]



[Drawing 2]



[Drawing 3]



[Translation done.]

特開平10-133105

(43) 公開日 平成10年(1998) 5月22日

(51) IntCl.⁶ 識別記号

G 0 2 B 13/24

G 0 3 F 7/20

H 0 1 L 21/027

5 2 1

F I

G 0 2 B 13/24

G 0 3 F 7/20

H 0 1 L 21/30

5 2 1

5 1 5 D

5 1 6 A

審査請求 未請求 請求項の数13 F D (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平8-301089

(22) 出願日 平成8年(1996)10月25日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 石山 聡

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

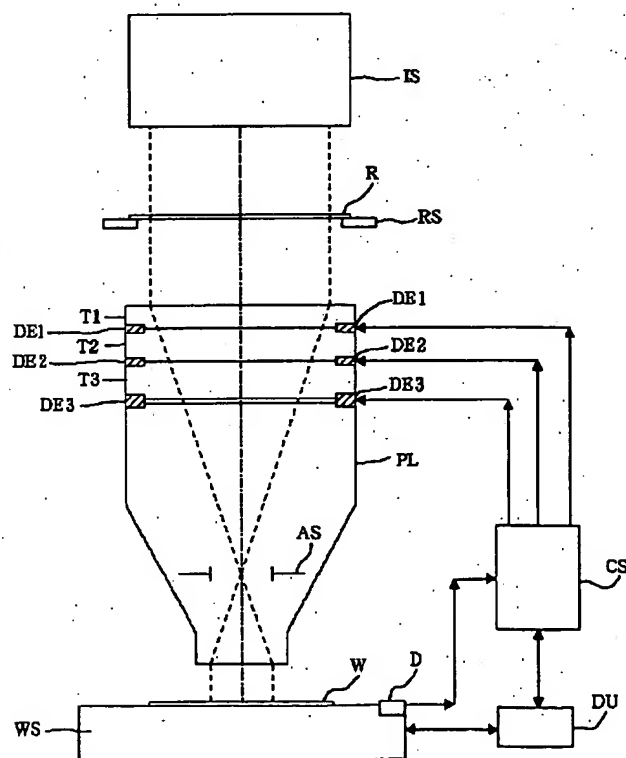
(74) 代理人 弁理士 山口 孝雄

(54) 【発明の名称】 投影露光装置

(57) 【要約】

【課題】 製造誤差や組立誤差などに起因して投影光学系内に残存する回転非対称な像位置のずれや偏心非点収差などを随時補正する。

【解決手段】 投影光学系 (P L) は、第1物体側から順に、正屈折力の第1レンズ群と、負屈折力の第2レンズ群と、正屈折力の第3レンズ群と、負屈折力の第4レンズ群と、正屈折力の第5レンズ群と、正屈折力の第6レンズ群とを備えている。投影光学系は、第1レンズ群および第2レンズ群中において光軸に対して一体的に傾斜可能な少なくとも1つのレンズから構成された光学部材 (T 1 ~ T 3) を備え、光学部材を光軸に対して傾斜させることによって、投影光学系内に残存する回転非対称な像位置のずれまたは偏心非点収差を補正する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1物体を照明するための照明光学系と、該照明光学系によって照明された前記第1物体の像を第2物体上に投影するための投影光学系とを備えた投影露光装置において、

前記投影光学系は、前記第1物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群と、正の屈折力を有する第5レンズ群と、正の屈折力を有する第6レンズ群とを備え、

前記投影光学系は、前記第1レンズ群および前記第2レンズ群中において光軸に対して一体的に傾斜可能な少なくとも1つのレンズから構成された光学部材を備え、前記光学部材を光軸に対して傾斜させることによって、前記投影光学系内に残存する回転非対称な像位置のずれまたは偏心非点収差を補正することを特徴とする投影露光装置。

【請求項2】 前記光学部材は、前記第1レンズ群および前記第2レンズ群中において光軸に対して一体的に傾斜可能な少なくとも1つのレンズから構成された第1光学部材と、前記第1レンズ群および前記第2レンズ群中において光軸に対して一体的に傾斜可能な少なくとも1つのレンズから構成されて前記第1光学部材とは独立に傾斜可能な第2光学部材と、前記第1レンズ群および前記第2レンズ群中において光軸に対して一体的に傾斜可能な少なくとも1つのレンズから構成されて前記第1光学部材および前記第2光学部材とは独立に傾斜可能な第3光学部材とからなり、前記第1光学部材、前記第2光学部材および前記第3光学部材をそれぞれ光軸に対して傾斜させることによって、前記投影光学系内に残存する回転非対称な像位置のずれと偏心非点収差とを独立に補正することを特徴とする請求項1に記載の投影露光装置。

$$1. 0.0 \leq (r_{2Ff} - r_{2Fr}) / (r_{2Ff} + r_{2Fr}) < 5.0 \quad (8)$$

の条件を満足することを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項に記載の投影露光装置。

【請求項7】 前記第5レンズ群と前記第6レンズ群との間の軸上空気間隔を d_{56} とし、前記第1物体から前記第2物体までの軸上距離を L とすると、

$$d_{56}/L < 0.017 \quad (9)$$

の条件を満足することを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1項に記載の投影露光装置。

【請求項8】 前記第6レンズ群の最も第1物体側のレンズ面の曲率半径を r_{6r} とし、第6レンズ群の最も第1物体側のレンズ面から第2物体までの軸上距離を d_6 とすると、

$$0.50 < d_6 / r_{6r} < 1.50 \quad (10)$$

の条件を満足することを特徴とする請求項1乃至7のい

【請求項3】 前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 とし、前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 とし、前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 とし、前記第4レンズ群の焦点距離を f_4 とし、前記第5レンズ群の焦点距離を f_5 とし、前記第6レンズ群の焦点距離を f_6 とし、前記第1物体から前記第2物体までの軸上距離を L とすると、

$$f_1/L < 0.8 \quad (1)$$

$$-0.033 < f_2/L \quad (2)$$

$$0.01 < f_3/L < 1.0 \quad (3)$$

$$f_4/L < -0.005 \quad (4)$$

$$0.01 < f_5/L < 0.9 \quad (5)$$

$$0.02 < f_6/L < 1.6 \quad (6)$$

の条件を満足することを特徴とする請求項1または2に記載の投影露光装置。

【請求項4】 前記第2レンズ群は、最も第1物体側に配置されて前記第2物体側に凹面を向けた負屈折力の前方レンズと、最も第2物体側に配置されて前記第1物体側に凹面を向けた負メニスカス形状の後方レンズと、前記前方レンズと前記後方レンズとの間に配置された中間レンズ群とを有し、

前記中間レンズ群は、前記第1物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズと、負の屈折力を有する第2レンズと、負の屈折力を有する第3レンズとを少なくとも有することを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の投影露光装置。

【請求項5】 前記第1物体から前記投影光学系全体の第1物体側焦点までの軸上距離を I とし、前記第1物体から前記第2物体までの軸上距離を L とすると、

$$1.0 < I/L \quad (7)$$

の条件を満足することを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の投影露光装置。

【請求項6】 前記第2レンズ群中の前記前方レンズの第1物体側の面の曲率半径を r_{2Ff} とし、前記前方レンズの第2物体側の面の曲率半径を r_{2Fr} とすると、

いずれか1項に記載の投影露光装置。

【請求項9】 前記第2レンズ群中の前記前方レンズの焦点距離を f_{2f} とし、前記第2レンズ群中の前記後方レンズの焦点距離を f_{2r} とすると、

$$0 \leq f_{2f}/f_{2r} < 1.8 \quad (11)$$

の条件を満足することを特徴とする請求項1乃至8のいずれか1項に記載の投影露光装置。

【請求項10】 前記第1レンズ群は、少なくとも2枚の正レンズを有し、

前記第3レンズ群は、少なくとも3枚の正レンズを有し、

前記第4レンズ群は、少なくとも3枚の負レンズを有し、

前記第5レンズ群は、少なくとも5枚の正レンズと、少

なくとも1枚の負レンズとを有し、

前記第6レンズ群は、少なくとも1枚の正レンズを有することを特徴とする請求項1乃至9のいずれか1項に記載の投影露光装置。

【請求項11】 前記第1物体上の最大物体高の点からの主光線のレンズ面への入射高を h_0 とし、前記第1物体上の軸上物点からの最大開口数を有する斜光線のレンズ面への入射高を h_1 とし、前記投影光学系の最大有効径を ϕ とすると、前記光学部材を構成するレンズは、

$$0.170 < h_0 / \phi \quad (12)$$

$$h_1 / \phi < 0.35 \quad (13)$$

の条件を満足することを特徴とする請求項1乃至10のいずれか1項に記載の投影露光装置。

【請求項12】 第1物体を照明するための照明光学系と、該照明光学系によって照明された前記第1物体の像を第2物体上に投影するための投影光学系とを備えた投影露光装置において、

前記投影光学系は、光軸に対して一体的に傾斜可能な少なくとも1つのレンズから構成されて前記投影光学系内に残存する回転非対称な像位置のずれまたは偏心非点収差を補正するための光学部材を備え、

前記第1物体上の最大物体高の点からの主光線のレンズ面への入射高を h_0 とし、前記第1物体上の軸上物点からの最大開口数を有する斜光線のレンズ面への入射高を h_1 とし、前記投影光学系の最大有効径を ϕ とすると、前記光学部材を構成するレンズは、

$$0.170 < h_0 / \phi \quad (12)$$

$$h_1 / \phi < 0.35 \quad (13)$$

の条件を満足することを特徴とする投影露光装置。

【請求項13】 前記光学部材は、光軸に対して一体的に傾斜可能な少なくとも1つのレンズから構成された第1光学部材と、光軸に対して一体的に傾斜可能な少なくとも1つのレンズから構成されて前記第1光学部材とは独立に傾斜可能な第2光学部材と、光軸に対して一体的に傾斜可能な少なくとも1つのレンズから構成されて前記第1光学部材および前記第2光学部材とは独立に傾斜可能な第3光学部材とからなり、前記第1光学部材、前記第2光学部材および前記第3光学部材をそれぞれ光軸に対して傾斜させることによって、前記投影光学系内に残存する回転非対称な像位置のずれと偏心非点収差とを独立に補正することを特徴とする請求項12に記載の投影露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は投影露光装置に関し、特に半導体製造用の投影露光装置における収差補正に関する。

【0002】

【従来の技術】 たとえば半導体素子の製造に用いられる

投影露光装置では、集積回路のパターンの微細化につれて、投影光学系に対して要求される性能がますます厳しくなっている。このような状況の中で、投影光学系については、高い解像力、像面の平坦性、少ないディストーション（歪曲収差）などが要求されている。このため、たとえば高い解像力を得るために、露光波長 λ を短くしたり、投影光学系の開口数NAを大きくしたりしている。また、像面湾曲を小さくし、歪曲収差を軽減する努力がなされている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 このように要求性能が厳しくなるにつれて、投影光学系を構成するレンズ枚数が増え、構成がますます複雑化している。このため、投影露光装置に搭載した状態において投影光学系の像面湾曲、非点収差、歪曲収差などの諸収差を設計値通りに抑えて所望の高性能を発揮させるには、投影光学系を構成する個々のレンズ部品の製造精度や組立精度を高くする必要がある。しかしながら、個々のレンズ部品の製造精度や組立精度を高くしても、投影露光装置に搭載された投影光学系には、特に回転非対称な像位置のずれや偏心非点収差などの諸収差が残存してしまう。ここで、回転非対称な像位置のずれとは、理想像点からの像位置のずれが光軸に関して非対称な収差状態であり、いわゆる歪曲収差である。また、偏心非点収差とは、各レンズの光軸と投影光学系の設計光軸との偏心に起因して発生する非点収差である。

【0004】 本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、製造誤差や組立誤差などに起因して投影光学系に回転非対称な像位置のずれや偏心非点収差などの諸収差が残存しても、投影光学系が搭載された状態でこれらの残存収差を随時補正することのできる再現性に優れた高性能な投影露光装置を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】 前記課題を解決するために、本発明の第1発明においては、第1物体を照明するための照明光学系と、該照明光学系によって照明された前記第1物体の像を第2物体上に投影するための投影光学系とを備えた投影露光装置において、前記投影光学系は、前記第1物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群と、正の屈折力を有する第5レンズ群と、正の屈折力を有する第6レンズ群とを備え、前記投影光学系は、前記第1レンズ群および前記第2レンズ群中において光軸に対して一体的に傾斜可能な少なくとも1つのレンズから構成された光学部材を備え、前記光学部材を光軸に対して傾斜させることによって、前記投影光学系内に残存する回転非対称な像位置のずれまたは偏心非点収差を補正することを特徴とする投影露光装置を提供する。

【0006】第1発明の好ましい態様によれば、前記光学部材は、前記第1レンズ群および前記第2レンズ群において光軸に対して一体的に傾斜可能な少なくとも1つのレンズから構成された第1光学部材と、前記第1レンズ群および前記第2レンズ群中において光軸に対して一体的に傾斜可能な少なくとも1つのレンズから構成されて前記第1光学部材とは独立に傾斜可能な第2光学部材と、前記第1レンズ群および前記第2レンズ群中において光軸に対して一体的に傾斜可能な少なくとも1つのレンズから構成されて前記第1光学部材および前記第2光学部材とは独立に傾斜可能な第3光学部材とからなり、前記第1光学部材、前記第2光学部材および前記第3光学部材をそれぞれ光軸に対して傾斜させることによって、前記投影光学系内に残存する回転非対称な像位置のずれと偏心非点収差とを独立に補正する。

【0007】また、第1発明の好ましい態様によれば、前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 とし、前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 とし、前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 とし、前記第4レンズ群の焦点距離を f_4 とし、前記第5レンズ群の焦点距離を f_5 とし、前記第6レンズ群の焦点距離を f_6 とし、前記第1物体から前記第2物体までの軸上距離を L とすると、

$$f_1/L < 0.8 \quad (1)$$

$$-0.033 < f_2/L \quad (2)$$

$$0.01 < f_3/L < 1.0 \quad (3)$$

$$f_4/L < -0.005 \quad (4)$$

$$0.01 < f_5/L < 0.9 \quad (5)$$

$$0.02 < f_6/L < 1.6 \quad (6)$$

の条件を満足する。

【0008】本発明の第2発明においては、第1物体を照明するための照明光学系と、該照明光学系によって照明された前記第1物体の像を第2物体上に投影するための投影光学系とを備えた投影露光装置において、前記投影光学系は、光軸に対して一体的に傾斜可能な少なくとも1つのレンズから構成されて前記投影光学系内に残存する回転非対称な像位置のずれまたは偏心非点収差を補正するための光学部材を備え、前記第1物体上の最大物体高の点からの主光線のレンズ面への入射高を h_0 とし、前記第1物体上の軸上物点からの最大開口数を有する斜光線のレンズ面への入射高を h_1 とし、前記投影光学系の最大有効径を ϕ とすると、前記光学部材を構成するレンズは、

$$0.170 < h_0/\phi \quad (12)$$

$$h_1/\phi < 0.35 \quad (13)$$

の条件を満足することを特徴とする投影露光装置を提供する。

【0009】第2発明の好ましい態様によれば、前記光学部材は、光軸に対して一体的に傾斜可能な少なくとも1つのレンズから構成された第1光学部材と、光軸に対して一体的に傾斜可能な少なくとも1つのレンズから構

成されて前記第1光学部材とは独立に傾斜可能な第2光学部材と、光軸に対して一体的に傾斜可能な少なくとも1つのレンズから構成されて前記第1光学部材および前記第2光学部材とは独立に傾斜可能な第3光学部材とからなり、前記第1光学部材、前記第2光学部材および前記第3光学部材をそれぞれ光軸に対して傾斜させることによって、前記投影光学系内に残存する回転非対称な像位置のずれと偏心非点収差とを独立に補正する。

【0010】

【発明の実施の形態】本発明の投影光学系は、第1物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群と、正の屈折力を有する第5レンズ群と、正の屈折力を有する第6レンズ群とを備えている。

【0011】正の屈折力を有する第1レンズ群は、テレセントリック性を維持しながら主にディストーションの補正に寄与している。具体的には、第1レンズ群において正のディストーションを発生させて、第1レンズ群よりも第2物体側に配置された複数のレンズ群において発生する負のディストーションをバランス良く補正している。負の屈折力を有する第2レンズ群および負の屈折力を有する第4レンズ群は、主にベッツバル和の補正に寄与し、像面の平坦化を図っている。負の屈折力を有する第2レンズ群と正の屈折力を有する第3レンズ群とは、逆望遠系を形成しており、投影光学系のバックフォーカス（投影光学系の最も第2物体側のレンズ面から第2物体までの軸上距離）の確保に寄与している。正の屈折力を有する第5レンズ群および同じく正の屈折力を有する第6レンズ群は、主として、ディストーションの発生を抑えることと、第2物体側での高NA化に十分対応するために特に球面収差の発生を極力抑えることとに寄与している。

【0012】本発明では、第1レンズ群および第2レンズ群中において光軸に対して一体的に傾斜可能な少なくとも1つのレンズから構成された調整部材としての光学部材を備えている。第1レンズ群および第2レンズ群中のレンズ、特に第1レンズ群中のレンズでは、第1物体上の最大物体高の点からの主光線が光軸から離れて通過するので、歪曲収差および像面に関する収差を補正するのに有利である。したがって、これらのレンズから構成される光学部材（調整部材）を光軸に対して傾斜させることにより、傾斜方向の像位置の理想像点からのずれ（以下、「M-dist」という）、および傾斜方向と直交する方向の像位置の理想像点からのずれの傾斜方向成分（以下、「S-dist」という）を発生させることができる。また、メリディオナル像面とサジタル像面との差すなわち非点隔差を発生させることができる。

【0013】こうして、1つの光学部材を光軸に対して傾斜させることにより、たとえば投影光学系内に残存す

る偏心非点収差を補正することができる。また、互いに独立に傾斜可能な2つの光学部材(調整部材)を光軸に対して傾斜させることにより、投影光学系内に残存する回転非対称な像位置のずれを補正することができる。さらに、互いに独立に傾斜可能な3つの光学部材を光軸に対して傾斜させることにより、投影光学系内に残存する回転非対称な像位置のずれと偏心非点収差とを独立に補正することができる。したがって、本発明では、製造誤差や組立誤差などに起因して投影光学系に回転非対称な像位置のずれや偏心非点収差などの諸収差が残存しても、投影光学系が搭載された状態でこれらの残収差を随時補正することができる。

【0014】なお、本発明においては、以下の条件式

(1) ~ (6) を満足することが好ましい。

$$f_1/L < 0.8 \quad (1)$$

$$-0.033 < f_2/L \quad (2)$$

$$0.01 < f_3/L < 1.0 \quad (3)$$

$$f_4/L < -0.005 \quad (4)$$

$$0.01 < f_5/L < 0.9 \quad (5)$$

$$0.02 < f_6/L < 1.6 \quad (6)$$

【0015】条件式(1)では、正屈折力の第1レンズ群の焦点距離 f_1 と第1物体(レチクル等)から第2物体(ウエハ等)までの軸上距離(物像間距離) L との最適な比率を規定している。条件式(1)は、主にディストーションをバランス良く補正するための条件式である。条件式(1)の上限値を上回ると、負のディストーションが大きく発生するので好ましくない。なお、所定の縮小倍率および広い露光領域を確保しつつコンパクト化を図るとともに、ディストーションをさらに良好に補正するには、条件式(1)の上限値を0.14とすることが好ましい。また、瞳の球面収差の発生をさらに良好に抑えるためには、条件式(1)に下限値を設定し、その値を0.02とすることが好ましい。

【0016】条件式(2)では、負屈折力の第2レンズ群の焦点距離 f_2 と第1物体から第2物体までの軸上距離(物像間距離) L との最適な比率を規定している。条件式(2)は、広い露光領域を確保しつつコンパクト化を図り、且つベッツパール和を良好に補正するための条件式である。条件式(2)の下限値を下回ると、広い露光領域を確保しつつコンパクト化を達成することが困難となるばかりでなく、正のベッツパール和が発生するので好ましくない。なお、さらなるコンパクト化の達成、あるいはベッツパール和のさらに良好な補正のためには、条件式(2)の下限値を-0.032とすることが好ましい。また、負のディストーションの発生をさらに良好に抑えるためには、条件式(2)に上限値を設定し、その値を-0.005とすることが好ましい。

【0017】条件式(3)では、正屈折力の第3レンズ群の焦点距離 f_3 と第1物体から第2物体までの軸上距離(物像間距離) L との最適な比率を規定している。条

件式(3)の下限値を下回ると、第2レンズ群の屈折力あるいは第4レンズ群の屈折力が強くなる。その結果、第2レンズ群においては負のディストーションおよびコマ収差の発生を招き、第4レンズ群においてはコマ収差の発生を招くので好ましくない。一方、条件式(3)の上限値を上回ると、第2レンズ群あるいは第4レンズ群の屈折力が弱くなり、ベッツパール和を良好に補正することができなくなるので好ましくない。

【0018】条件式(4)では、負屈折力の第4レンズ群の焦点距離 f_4 と第1物体から第2物体までの軸上距離(物像間距離) L との最適な比率を規定している。条件式(4)の上限値を上回ると、コマ収差が発生するため好ましくない。なお、コマ収差の発生をさらに良好に抑えるためには、条件式(4)の上限値を-0.047とすることが好ましい。また、球面収差を良好に補正するためには、条件式(4)に下限値を設定し、その値を-0.098とすることが好ましい。

【0019】条件式(5)では、正屈折力の第5レンズ群の焦点距離 f_5 と第1物体から第2物体までの軸上距離(物像間距離) L との最適な比率を規定している。条件式(5)は、大きな開口数NAを保ちながら球面収差、ディストーションおよびベッツパール和をバランス良く補正するための条件式である。条件式(5)の下限値を下回ると、第5レンズ群の正屈折力が強くなり過ぎる。その結果、第5レンズ群において負のディストーションのみならず負の球面収差が甚大に発生するので好ましくない。一方、条件式(5)の上限値を上回ると、第5レンズ群の正屈折力が弱くなり過ぎて、第4レンズ群の負屈折力も必然的に弱くなる。その結果、ベッツパール和を良好に補正することができなくなるので好ましくない。

【0020】条件式(6)では、正屈折力の第6レンズ群の焦点距離 f_6 と第1物体から第2物体までの軸上距離(物像間距離) L との最適な比率を規定している。条件式(6)は、大きな開口数を保ちながら高次の球面収差および負のディストーションの発生を抑えるための条件式である。条件式(6)の下限値を下回ると、第6レンズ群自体において負のディストーションが大きく発生するので好ましくない。一方、条件式(6)の上限値を上回ると、高次の球面収差が発生するので好ましくない。

【0021】また、第2レンズ群において、最も第1物体側には、第2物体側に凹面を向けた負の屈折力を有する前方レンズが配置されていることが好ましい。この前方レンズにより、像面湾曲、コマ収差の補正を良好に行うことができる。さらに、第2レンズ群において、最も第2物体側には、第1物体側に凹面を向けた負メニスカス形状の後方レンズが配置されていることが好ましい。この後方レンズにより、主にコマ収差の補正を良好に行うとともに、像面湾曲の補正も行うことができる。ま

た、第2レンズ群において、前方レンズと後方レンズとの間には、第1物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズと、負の屈折力を有する第2レンズと、負の屈折力を有する第3レンズとを少なくとも有する中間レンズ群が配置されていることが好ましい。この場合、この第1レンズにより、像面湾曲の補正に大きく寄与している第2レンズおよび第3レンズにおいて発生する負のディストーションの補正を良好に行うことができる。

【0022】また、本発明においては、次の条件式(7)を満足することが好ましい。

$$1. 0 < I/L \quad (7)$$

条件式(7)では、第1物体から投影光学系全体の第1物体側焦点までの軸上距離 I と、第1物体から第2物体までの軸上距離 L との最適な比率を規定している。ここで、投影光学系全体の第1物体側焦点とは、投影光学系の光軸に対して近軸領域での平行光を投影光学系の第2物体側から入射させたとき、その近軸領域の光が投影光学系から射出されて光軸と交わる点を意味する。

$$1. 00 \leq (r_{2Ff} - r_{2Fr}) / (r_{2Ff} + r_{2Fr}) < 5.0 \quad (8)$$

条件式(8)の下限値を下回ると、瞳の球面収差の補正を十分に行うことができなくなるため好ましくない。一方、条件式(8)の上限値を上回ると、コマ収差が発生するため好ましくない。

【0025】また、本発明においては、第5レンズ群と第6レンズ群との間の軸上空気間隔を d_{56} とし、第1物体から第2物体までの軸上距離を L とすると、次の条件式(9)を満足することが好ましい。

$$d_{56}/L < 0.017 \quad (9)$$

条件式(9)の上限値を上回ると、第5レンズ群と第6レンズ群との間の空気間隔が大きくなり、正のディストーションの発生量が小さくなる。その結果、第5レンズ群中の正レンズにおいて発生する負のディストーションをバランス良く補正することが困難となるので好ましくない。

【0026】また、本発明においては、第6レンズ群の最も第1物体側のレンズ面の曲率半径を r_{6f} とし、第6レンズ群の最も第1物体側のレンズ面から第2物体までの軸上距離を d_6 とすると、次の条件式(10)を満足することが好ましい。

$$0.50 < d_6/r_{6f} < 1.50 \quad (10)$$

条件式(10)の下限値を下回ると、第6レンズ群の最も第1物体側のレンズ面の正屈折力が強くなり過ぎるため、負のディストーションおよびコマ収差が大きく発生するので好ましくない。条件式(10)の上限値を上回ると、第6レンズ群の最も第1物体側のレンズ面の正屈折力が弱くなり過ぎるため、コマ収差が大きく発生するので好ましくない。なお、コマ収差の発生をさらに良好に抑えるためには、条件式(10)の下限値を0.84とすることが望ましい。

【0027】また、本発明においては、次の条件式(1

【0023】条件式(7)の下限値を下回ると、投影光学系の第1物体側でのテレセントリック性が大幅に崩れて、第1物体の光軸方向のずれに起因する倍率の変動並びにディストーションの変動が大きくなる。その結果、第1物体の像を所望の倍率のもとで忠実に第2物体上に投影することが困難となるので好ましくない。なお、第1物体の光軸方向のずれに起因する倍率の変動並びにディストーションの変動をさらに良好に抑えるためには、条件(7)の下限値を1.7とすることが好ましい。また、投影光学系のコンパクト化を維持しながら、瞳の球面収差およびディストーションを共にバランス良く補正するためには、条件式(7)に上限値を設定し、その値を6.8とすることが好ましい。

【0024】また、本発明においては、第2レンズ群中の前方レンズの第1物体側の面の曲率半径を r_{2Ff} とし、前方レンズの第2物体側の面の曲率半径を r_{2Fr} とすると、次の条件式(8)を満足することが好ましい。

1)を満足することが好ましい。

$$0 \leq f_{2f}/f_{2a} < 1.8 \quad (11)$$

条件式(11)では、第2レンズ群中の後方レンズの焦点距離 f_{2a} と第2レンズ群中の前方レンズの焦点距離 f_{2f} との最適な比率を規定している。条件式(11)の下限値および上限値で限定された範囲を逸脱すると、第1レンズ群あるいは第3レンズ群の屈折力のバランスが崩れ、ディストーションを良好に補正すること、あるいはベッツパール和と非点収差とを同時に良好に補正することが困難となるので好ましくない。

【0028】具体的には、投影光学系を構成する各レンズ群において十分な収差機能を発揮させるには、以下のように構成することが望ましい。第1レンズ群において高次のディストーション並びに瞳の球面収差の発生を抑える機能を発揮させるには、第1レンズ群が少なくとも2枚の正レンズを有することが好ましい。また、第3レンズ群において球面収差およびベッツパール和の悪化を抑える機能を発揮させるには、第3レンズ群が少なくとも3枚の正レンズを有することが好ましい。さらに、第4レンズ群においてベッツパール和を補正しつつコマ収差の発生を抑える機能を発揮させるには、第4レンズ群が少なくとも3枚の負レンズを有することが好ましい。

【0029】また、第5レンズ群において負のディストーションおよび球面収差の発生を抑える機能を発揮させるには、第5レンズ群が少なくとも5枚の正レンズを有することが好ましい。さらに、第5レンズ群において負のディストーションとベッツパール和とを補正する機能を発揮させるには、第5レンズ群が少なくとも1枚の負レンズを有することが好ましい。また、第6レンズ群において球面収差を大きく発生させないように第2物体上に集光させるには、この第6レンズ群が少なくとも1枚

の正レンズを有することが好ましい。

【0030】なお、前述したように、歪曲収差および像面に関する収差を補正するには、第1物体上の最大物体高の点からの主光線が通過する位置が光軸から離れているようなレンズを使用して光学部材（調整部材）を構成することが有利である。したがって、本発明においては、調整部材としての光学部材を構成するレンズは、次の条件式（12）および（13）を満足することが好ましい。

$$0.170 < h_0 / \phi \quad (12)$$

$$h_1 / \phi < 0.35 \quad (13)$$

【0031】ここで、

h_0 ：第1物体上の最大物体高の点からの主光線が投影光学系を構成するレンズのレンズ面に入射する時の入射高、あるいは第1物体上の最大物体高の点からの主光線が傾斜する前の光学部材（調整部材）中のレンズ面に入射する時の入射高

h_1 ：第1物体上の軸上物点からの最大開口数を有する斜光線が投影光学系を構成するレンズのレンズ面に入射する時の入射高、あるいは第1物体上の軸上物点からの最大開口数を有する斜光線が傾斜する前の光学部材（調整部材）中のレンズ面に入射する時の入射高

ϕ ：投影光学系の最大有効径（直径）

光学部材を構成するレンズが条件式（12）および（13）を満足することにより、他の収差を大きく発生させることなく、回転非対称な像位置のずれや偏心非点収差を補正することができる。

【0032】本発明の実施例を、添付図面に基づいて説明する。図1は、本発明の実施例にかかる投影露光装置の構成を概略的に示す図である。また、図2は、図1の投影光学系PLのレンズ構成を示す図である。図1において、投影光学系PLの物体面には所定の回路パターンが形成された投影原版としてのレチクルR（第1物体）が配置されており、投影光学系PLの像面には感光性基板としてのウエハW（第2物体）が配置されている。ここで、レチクルRはレチクルステージRS上に保持されており、ウエハWは投影光学系PLの光軸AXに垂直な面内において2次元的に移動可能に構成されたウエハステージWS上に保持されている。

【0033】また、レチクルRの上方には、レチクルRを均一照明するための照明光学装置ISが配置されている。照明光学装置ISの内部には、たとえばi線（365nm）の光を供給する水銀ランプのような光源が配置されている。照明光学装置ISから供給される光は、レチクルRを照明し、投影光学系PLの瞳位置（開口絞りASの位置）には照明光学装置IS中の光源の像が形成される。すなわち、照明光学装置ISは、レチクルRをケーラー照明のもとで均一照明する。そして、投影光学系PLにより、ケーラー照明されたレチクルRのパターン像がウエハW上に露光（転写）される。

【0034】そして、図1に示した投影露光装置による露光の工程（フォトリソグラフィ工程）を経たウエハは、現像する工程を経てから現像したレジスト以外の部分を除去するエッチングの工程、エッチングの工程後の不要なレジストを除去するレジスト除去の工程等を経て、ウエハプロセスが終了する。そして、ウエハプロセスが終了すると、実際の組立工程にて、焼き付けられた回路毎にウエハを切断してチップ化するダイシング、各チップに配線等を付与するボンディング、各チップ毎にパッケージングするパッケージング等の各工程を経て、最終的にデバイスとしての半導体装置（LSI等）が製造される。なお、以上には、投影露光装置を用いたウエハプロセスでのフォトリソグラフィ工程により半導体素子を製造する例を示したが、露光装置を用いたフォトリソグラフィ工程によって、半導体装置として、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド、撮像素子（CCD等）を製造することができる。

【0035】図2を参照すると、投影光学系PLは、第1物体としてのレチクルR側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群 G_1 と、負の屈折力を有する第2レンズ群 G_2 と、正の屈折力を有する第3レンズ群 G_3 と、負の屈折力を有する第4レンズ群 G_4 と、正の屈折力を有する第5レンズ群 G_5 と、正の屈折力を有する第6レンズ群 G_6 とから構成されている。投影光学系PLは、物体側（レチクルR側）および像側（ウエハW側）において実質的にテレセントリックであり、縮小倍率を有する。

【0036】第1レンズ群 G_1 は、物体側から順に、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L_{11} と、物体側に凸面を向けた両凸レンズ L_{12} と、物体側に強い曲率の面を向けた2枚の両凸レンズ L_{13} および L_{14} とから構成されている。第2レンズ群 G_2 は、最も物体側に配置された両凹レンズ L_{21} （前方レンズ）と、最も像側に配置されて物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L_{22} （後方レンズ）と、両凹レンズ L_{21} と負メニスカスレンズ L_{22} との間に配置されて負の屈折力を有する中間レンズ群 G_{2n} とから構成されている。中間レンズ群 G_{2n} は、物体側から順に、像側に強い曲率の面を向けた両凸レンズ L_{n1} （第1レンズ）と、像側に強い曲率の面を向けた両凹レンズ L_{n2} （第2レンズ）と、物体側に強い曲率の面を向けた両凹レンズ L_{n3} （第3レンズ）とから構成されている。

【0037】第3レンズ群 G_3 は、物体側から順に、像側に強い曲率の面を向けた2枚の正メニスカスレンズ L_{31} および L_{32} と、両凸レンズ L_{33} と、物体側に強い曲率の面を向けた両凸レンズ L_{34} と、物体側に強い曲率の面を向けた正メニスカスレンズ L_{35} とから構成されている。第4レンズ群 G_4 は、物体側から順に、像側に凹面を向けた2枚の負メニスカスレンズ L_{41} および L_{42} と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L_{43} と、両凹

レンズ L_{44} と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L_{45} と、物体側に凹面を向けた両凹レンズ L_{46} とから構成されている。

【0038】第5レンズ群 G_5 は、物体側から順に、像側に凸面を向けた2枚の両凸レンズ L_{51} および L_{52} と、両凸レンズ L_{53} と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L_{54} と、物体側により強い曲率の面を向けた両凸レンズ L_{55} と、物体側により強い曲率の面を向けた形状の2枚の正メニスカスレンズ L_{56} および L_{57} と、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L_{58} とから構成されている。第6レンズ群 G_6 は、物体側から順に、物体側により強い曲率の面を向けた両凸レンズ L_{61} と、物体側に凹面を向けた両凹レンズ L_{62} とから構成されている。また、正メニスカスレンズ L_{45} と両凹レンズ L_{46} との間には、開口絞りASが配置されている。

【0039】再び図1を参照すると、投影光学系PLには、光軸に対して傾斜可能な負メニスカスレンズ L_{11} を含む第1調整部材としての第1光学部材T1、光軸に対して一体的に傾斜可能な両凸レンズ L_{12} および両凸レンズ L_{13} を含む第2調整部材としての第2光学部材T2、光軸に対して一体的に傾斜可能な両凸レンズ L_{14} および両凹レンズ L_{27} を含む第3調整部材としての第3光学部材T3が設けられている。第1光学部材T1、第2光学部材T2および第3光学部材T3は、メイン鏡筒Mから分離されており、互いに独立に構成されている。そして、第1光学部材T1と第2光学部材T2との間、第2光学部材T2と第3光学部材T3との間、第3光学部材T3とメイン鏡筒Mとの間には、それぞれ複数箇所（たとえば3箇所）にたとえばピエゾ素子のような駆動素子（DE1～DE3）が設けられている。

【0040】したがって、第1光学部材T1と第2光学部材T2との間の駆動素子DE1の作用により、第1光学部材T1だけがひいては負メニスカスレンズ L_{11} だけが光軸に対して傾斜する。また、第2光学部材T2と第3光学部材T3との間の駆動素子DE2の作用により、第1光学部材T1と第2光学部材T2とがひいては負メニスカスレンズ L_{11} と両凸レンズ L_{12} と両凸レンズ L_{13} とが光軸に対して一体的に傾斜する。さらに、第3光学部材T3とメイン鏡筒Mとの間の駆動素子DE3の作用により、第1光学部材T1と第2光学部材T2と第3光学部材T3とがひいては負メニスカスレンズ L_{11} と両凸レンズ L_{12} と両凸レンズ L_{13} と両凸レンズ L_{14} と両凹レンズ L_{27} とが光軸に対して一体的に傾斜する。すなわち、本実施例では、第1光学部材T1、第2光学部材T2および第3光学部材T3をそれぞれ光軸に対して独立に傾斜させることができるように構成されている。

【0041】次の表（1）に、本実施例における投影光学系PLの諸元の値を掲げる。表（1）において、左端の数字は物体側（レチクルR側）からの各レンズ面の順序を、rは各レンズ面の曲率半径を、dは各レンズ面間

隔を、nは露光波長 $\lambda = 365\text{ nm}$ に対する屈折率を示している。また、 d_0 は第1物体（レチクルR）から第1レンズ群 G_1 の最も物体側（レチクルR側）のレンズ面までの軸上距離を、 β は投影光学系PLの投影倍率を、Bfは第6レンズ群 G_6 の最も像側（ウエハW側）のレンズ面から像面（ウエハW面）までの軸上距離を、NAは投影光学系PLの像側（ウエハW側）における開口数を、Lは物体面（レチクルR面）から像面（ウエハW面）までの軸上距離すなわち物像間距離をそれぞれ表している。

【0042】

【表1】

$d_0 = 94.97557$
 $\beta = 1/5$
 $NA = 0.57$
 $Bf = 22.68864$
 $L = 1100$

	r	d	n
1	758.59372	18.01962	1.66638
2	273.07409	8.00000	
3	407.25600	34.43806	1.53627
4	-305.98082	0.50000	
5	200.00000	36.31512	1.53627
6	-950.89920	0.50000	
7	251.35670	36.00000	1.53627
8	-1111.20100	5.00000	
9	-3000.00000	13.00000	1.66638
10	103.53326	19.34714	
11	583.43731	21.86239	1.53627
12	-202.73262	3.71513	
13	-389.07550	13.00000	1.53627
14	118.39346	25.82991	
15	-119.29984	13.00000	1.53627
16	228.68065	35.35939	
17	-118.78231	15.61439	1.53627
18	-2000.00000	15.00000	
19	-534.21970	30.58806	1.53627
20	-172.96367	0.50000	
21	-3045.95900	30.55054	1.53627
22	-252.31005	0.50000	
23	787.95642	31.33960	1.53627
24	-470.11486	0.50000	
25	429.05519	31.10739	1.53627
26	-1033.56100	0.50000	
27	276.54228	29.82671	1.53627
28	3383.80700	0.50000	
29	200.56082	25.00000	1.53627
30	149.82206	51.17799	
31	191.38232	25.00000	1.53627
32	122.34204	25.15581	
33	-276.65501	13.00000	1.66638
34	-597.90043	9.14516	
35	-190.18194	13.00000	1.66638
36	360.79756	3.75310	
37	434.45763	13.00000	1.53627
38	643.56408	31.17056	
39	-951.39487	20.00000	1.66638

40	360.75541	3.46004	
41	395.41239	33.29191	1.53627
42	-229.24043	0.50000	
43	405.02177	21.76952	1.53627
44	-1456.27300	0.50000	
45	334.62149	34.87065	1.53627
46	-316.02886	8.19653	
47	-226.66975	20.00000	1.66638
48	-421.19119	0.50000	
49	245.00959	27.62592	1.53627
50	-6478.64400	0.50000	
51	118.64887	24.82664	1.53627
52	182.84804	0.50000	
53	106.97354	29.80517	1.53627
54	305.86346	2.86446	
55	330.12685	13.00000	1.66638
56	65.69252	7.67289	
57	76.63392	29.80077	1.53627
58	-405.45793	2.41289	
59	-314.04117	20.42250	1.53627
60	1180.34000	(Bf)	

(条件対応値)

- (1) f_1/L
- (2) f_2/L
- (3) f_3/L

$= 0.129$
 $= -0.030$
 $= 0.106$

(4) f_4/L	$= -0.070$
(5) f_5/L	$= 0.080$
(6) f_6/L	$= 0.143$
(7) I/L	$= 2.02$
(8) $(r_{2ff} - r_{2fr}) / (r_{2ff} + r_{2fr}) =$	1.07
(9) d_{56}/L	$= 0.007$
(10) d_6/r_{6f}	$= 0.983$
(11) f_{2f}/f_{2r}	$= 0.635$

【0043】 上述の投影光学系PLにおいてG1-nで示すレンズ群を光軸に対して 0.01° だけ傾斜させたときの諸収差の最大物体高においての変動量(単位: μm)を次の表(2)に示す。表(2)において、G1-nは、第1物体側から順に、第1番目の負メニスカスレンズL₁₁から第n番目のレンズまでのレンズ群を示している。また、非点収差Mはメリディオナル面の非点収差を、非点収差Sはサジタル面の非点収差をそれぞれ示している。さらにコマ和は、第1物体上の最大物体高の点からの最大開口数の上側光線が第2物体へ入射する位置

と第1物体上の最大物体高の点からの主光線が第2物体へ入射する位置とのずれと、第1物体上の最大物体高の点からの最大開口数の下側光線が第2物体へ入射する位置と第1物体上の最大物体高の点からの主光線が第2物体へ入射する位置とのずれとの総和である。したがって、コマ和の値が正である場合には外方コマ収差が、コマ和の値が負である場合には内方コマ収差が発生することになる。

【0044】

【表2】

	M-dist	S-dist	非点収差M	非点収差S	非点隔差	コマ和
G1-1	0.95	0.24	-1.18	-0.37	-0.81	0.49
G1-2	0.11	0.06	0.11	0.10	0.01	0.09
G1-3	-0.21	-0.01	1.40	0.55	0.85	-0.43
G1-4	0.66	0.20	1.29	0.52	0.77	-0.42
G1-5	0.21	0.21	-1.03	-0.32	-0.71	1.12
G1-6	0.51	0.18	-1.42	-0.37	-1.05	1.07
G1-7	-0.24	0.12	-2.78	-1.12	-1.66	3.45
G1-8	0.10	0.12	-5.33	-3.41	-1.92	8.28
G1-9	-0.44	-0.38	-3.42	-4.97	1.55	10.44
G1-10	0.28	0.12	-6.34	-4.18	-2.16	10.17
G1-11	0.73	0.45	-6.25	-2.70	-3.55	4.95
G1-12	1.23	0.74	-4.70	-1.09	-3.61	-4.94
G1-13	2.15	1.11	-4.49	-0.31	-4.18	-14.52
G1-14	3.77	1.66	-7.53	-1.05	-6.48	-20.85
G1-15	3.06	1.46	-6.37	-0.61	-5.76	-17.70
G1-16	2.05	1.21	-3.29	0.33	-3.62	-10.37
G1-17	1.85	1.21	-5.91	-1.06	-4.85	-6.88
G1-18	0.47	0.97	-12.53	-7.69	-4.84	22.21
G1-19	0.63	1.01	-12.87	-7.40	-5.47	17.34
G1-20	0.52	1.21	-6.88	-9.79	2.91	79.49
G1-21	1.10	1.02	-4.35	-2.40	-1.95	24.08
G1-22	1.01	0.83	-6.93	-1.15	-5.78	2.38
G1-23	1.17	0.61	-5.71	1.54	-7.25	-39.55
G1-24	0.77	0.57	-7.10	0.49	-7.59	3.78
G1-25	0.28	0.23	-7.05	1.22	-8.27	-13.38
G1-26	-1.48	-0.43	-12.73	-0.80	-11.93	-9.77
G1-27	-2.47	-0.80	1.16	0.87	0.29	28.87
G1-28	1.26	0.81	-15.75	1.10	-16.85	7.26
G1-29	-0.22	-0.04	-2.51	-1.24	-1.27	-37.07
G1-30	0.00	0.00	3.25	3.26	-0.01	-0.10

【0045】 図3(a)は、第1光学部材T1だけを光軸に対して 0.01° だけ傾斜させたとき(すなわち表

(2) のG1-1 に対応) の諸収差の変動量を示している。また、図3 (b) は、第1光学部材T1と第2光学部材T2とを光軸に対して一体的に 0.01° だけ傾斜させたとき(すなわち表(2)のG1-3 に対応) の諸収差の変動量を示している。さらに、図3 (c) は、第1光学部材T1と第2光学部材T2と第3光学部材T3とを光軸に対して一体的に 0.01° だけ傾斜させたとき(すなわち表(2)のG1-5 に対応) の諸収差の変動量を示している。なお、図3 (a) ~ (c) の非点収差を示す図において、破線はメリディオナル面の非点収差を、実線はサジタル面の非点収差をそれぞれ示している。

【0046】表(2)を参照すると、第1物体側から7番目までのレンズ群G1-7を一体的に傾斜させると、コマ収差(コマ和)が大きく発生してしまうことがわか

$$\begin{aligned} L_{11}: h_0/\phi &= 0.3429, & h_1/\phi &= 0.0922 \\ L_{12}: h_0/\phi &= 0.3409, & h_1/\phi &= 0.1206 \\ L_{13}: h_0/\phi &= 0.3288, & h_1/\phi &= 0.1295 \\ L_{14}: h_0/\phi &= 0.2899, & h_1/\phi &= 0.1300 \\ L_{27}: h_0/\phi &= 0.2333, & h_1/\phi &= 0.1296 \\ L_{31}: h_0/\phi &= 0.1874, & h_1/\phi &= 0.1550 \end{aligned}$$

【0048】但し、最大有効径を持つレンズは L_{34} であり、この時の最大有効径 ϕ は 227.5mm である。また、補正対象である収差が像高に大きく影響するため、投影原版としてレチクル(第1物体)Rの最大物体高からの主光線が調整部材としての第1、第2および第3光学部材をそれぞれ射出する時の射出高が異なることが望ましい。このため、本実施例では、投影原版としてレチクル(第1物体)Rの最大物体高からの主光線が傾斜する前の第1調整部材としての第1光学部材(負メニスカスレンズ L_{11})T1を射出する時の射出高を h_a 、投影原版としてレチクル(第1物体)Rの最大物体高からの主光線が傾斜する前の第2調整部材としての第2光学部材(両凸レンズ L_{12} および L_{13})T2を射出する時の射出高を h_b 、投影原版としてレチクル(第1物体)Rの最大物体高からの主光線が傾斜する前の第3調整部材としての第3光学部材(両凸レンズ L_{14} および両凹レンズ L_{27})T3を射出する時の射出高を h_c 、投影原版としてのレチクル(第1物体)Rの最大物体高を Y とすると、以下の条件式(a)~(c)を満足している。

$$0.95 < h_a/Y \quad (a)$$

$$0.82 < h_b/Y < 0.93 \quad (b)$$

$$0.52 < h_c/Y < 0.72 \quad (c)$$

ここで、以下の表(4)に条件式(a)~(c)の条件

$$\text{M-dist} = 0.95x - 0.21y + 0.21z \quad (d)$$

$$\text{S-dist} = 0.24x - 0.01y + 0.21z \quad (e)$$

$$\text{非点隔差} = -0.81x + 0.85y - 0.71z \quad (f)$$

【0052】したがって、本実施例において、S-distおよび非点隔差を発生させることなくM-distだけをたとえば $0.2\mu\text{m}$ 補正するには、 $x=16.89$ 、 $y=-$

る。つまり、コマ収差(コマ和)の許容値は、経験的には、感光性基板としてのウエハW(第2物体)での最大物体高に対して $1/10000$ 程度の値であり、表

(1)に示す本実施例のレンズデータでは、ウエハWでの最大物体高が 15.6mm であるので、コマ収差(コマ和)の許容値は、 $1.56\mu\text{m}$ 程度となる。本実施例では、この点を考慮して、第1物体側から5番目までのレンズを用いて各光学部材(各調整部材)を構成している。なお、第1光学部材T1から第3光学部材T3に用いられたレンズは、条件式(12)および(13)を満足していることはいうまでもないが、以下の表(3)に条件式(12)および条件式(13)の条件対応値を示す。

【0047】

【表3】

対応値を掲げる。

【0049】

【表4】

$$(a) \quad h_a/Y = 0.9868$$

$$(b) \quad h_b/Y = 0.9057$$

$$(c) \quad h_c/Y = 0.5788$$

【0050】但し、 h_a は傾斜する前の第1光学部材T1を構成する負メニスカスレンズ L_{11} を射出する時の射出高、 h_b は傾斜する前の第2光学部材T2の最も像側に位置する両凸レンズ L_{13} を射出する時の射出高、 h_c は傾斜する前の第3光学部材T3の最も像側に位置する両凹レンズ L_{27} を射出する時の射出高をそれぞれ示しており、投影原版としてレチクル(第1物体)Rの最大物体高 Y は 78mm である。

【0051】図3に示すように、第1光学部材T1を傾斜させる角度を x とし、第1光学部材T1と第2光学部材T2とを一体的に傾斜させる角度を y とし、第1光学部材T1と第2光学部材T2と第3光学部材T3とを一体的に傾斜させる角度を z とする。この場合、表(2)に基づいて、M-dist、S-distおよび非点隔差は、それぞれ次の式(d)~(f)で表される。なお、式(d)~(f)において、傾斜角度 x 、 y および z の単位は度である。

$$(d)$$

$$(e)$$

$$(f)$$

0.03 、 $z=-19.31$ となるように各傾斜角度 x ~ z (分)を制御すればよい。また、M-distおよび非点隔差を発生させることなくS-distだけをたとえば 0.2

μm 補正するには、 $x=-2.90$ 、 $y=49.71$ 、 $z=62.82$ となるように各傾斜角度 $x\sim z$ （分）を制御すればよい。さらに、M-distおよびS-distを発生させることなく非点隔差だけをたとえば $0.2\mu\text{m}$ 補正するには、 $x=4.14$ 、 $y=14.70$ 、 $z=-4.03$ となるように各傾斜角度 $x\sim z$ （分）を制御すればよい。こうして、本実施例では、3つの光学部材の作用により、投影光学系PL内に残存する回転非対称な像位置のずれと偏心非点収差とを独立に補正することができる。

【0053】なお、上述の実施例では、各光学部材を光軸に対して傾斜させるための駆動素子としてピエゾ素子を用いている。しかしながら、各光学部材を光軸に対して傾斜させる他の方法として、各光学部材の間の複数箇所においてたとえば数 μm から数十 μm の厚さの金属薄板を挿脱する方法や、マイクロメータの原理を利用した駆動素子を用いる方法なども考えられる。また、レチクルおよびウエハの互いに共役な箇所にマークを形成し、ウエハ上に投影されたレチクルのマーク像とウエハのマークとのずれに基づいて収差測定する場合、たとえばピエゾ素子のように電気的に制御可能な駆動素子を用いることにより、測定した収差量に基づいて各光学部材T1～T3の駆動を自動化することができる。

【0054】例えば、以下に述べる構成とすれば、測定した収差の自動調整が可能となる。具体的には、図1に示したウエハWを保持するウエハステージWSの一端に収差計測用の光電変換素子等の受光手段Dを設けると共に、その受光手段Dからの出力信号に基づいて各調整部材（T1～T3）の傾斜量を算出する補正量算出部を設け、さらに、その補正量算出部からの補正信号に基づいて、各調整部材（T1～T3）に対応して設けられたピエゾ素子等の駆動部材（DE1～DE3）をそれぞれ駆動させるように構成することで、測定した収差の自動調整が可能となる。この時、ウエハステージWSの位置を計測する干渉系とウエハステージWSを移動させるモータ等とを備えた駆動部DUを制御して、ウエハステージWSの位置を制御する制御系CSの内部において、例えば、補正量算出部を設ける。なお、この補正量算出部には、例えば、上述した式（d）～（f）等が記憶されている。

【0055】そして、収差計測用の多数のマークが形成されたテストレチクルを通常の露光を行うレチクルの代わりにレチクルステージに保持させて、テストレチクルのパターン面を投影光学系の物体側に設定すると共に、駆動部DUを介してウエハステージWSを駆動させて、受光手段Dを投影光学系の露光領域内に設定する。その後、そのテストレチクルの各マーク像等を投影光学系を

介して受光手段にて光電的に検出する。テストレチクルを用いて得られた受光手段からの出力信号に基づいて、制御系CSの内部の補正量算出部が、各調整部材（T1～T3）の傾斜量を算出後、補正信号を各駆動部材（DE1～DE3）へ出力して、駆動部材（DE1～DE3）をそれぞれ駆動させる。これにより、受光手段Dにて計測された各収差を補正するように各調整部材（T1～T3）の傾きをそれぞれ自動設定することができる。なお、以上の実施例では、投影光学系を全て屈折性光学部材で構成した時に補正部材を設けた例を示したが、これに限ることなく、例えば、反射型光学部材と屈折性光学部材とを含む反射屈折型等の投影光学系に適用し得ることは言うまでもない。

【0056】

【効果】以上説明したように、本発明では、製造誤差や組立誤差などに起因して投影光学系に回転非対称な像位置や偏心非点収差などの諸収差が残存しても、投影光学系が搭載された状態でこれらの残収差を随時補正することのできる投影露光装置を実現することができる。その結果、製造精度や組立精度を高くしなくても、常に再現性に優れた高性能な投影光学系を介して高精度な投影露光を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例にかかる投影露光装置の構成を概略的に示す図である。

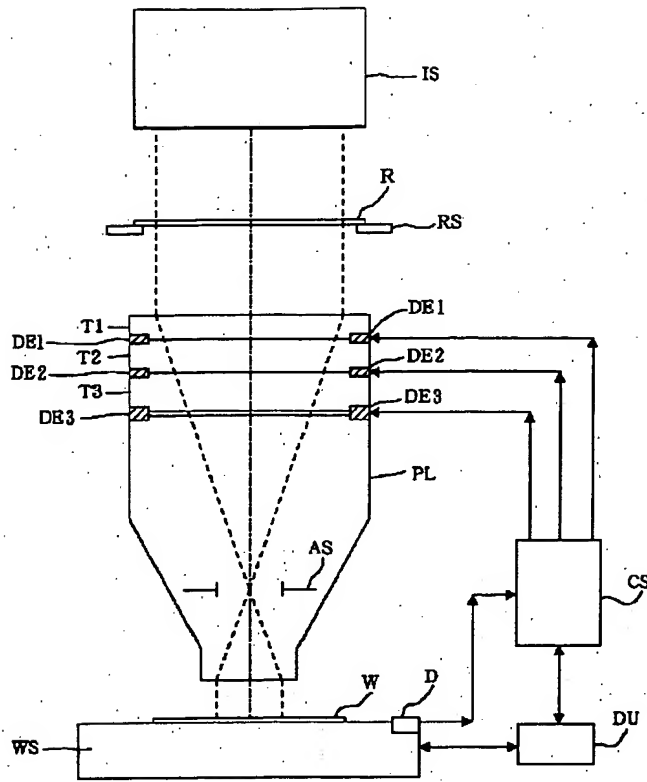
【図2】図1の投影光学系PLのレンズ構成を示す図である。

【図3】（a）は第1光学部材T1だけを光軸に対して 0.01° だけ傾斜させたときの諸収差の変動量を、（b）は第1光学部材T1と第2光学部材T2とを光軸に対して一体的に 0.01° だけ傾斜させたときの諸収差の変動量を、（c）は第1光学部材T1と第2光学部材T2と第3光学部材T3とを光軸に対して一体的に 0.01° だけ傾斜させたときの諸収差の変動量をそれぞれ示している。

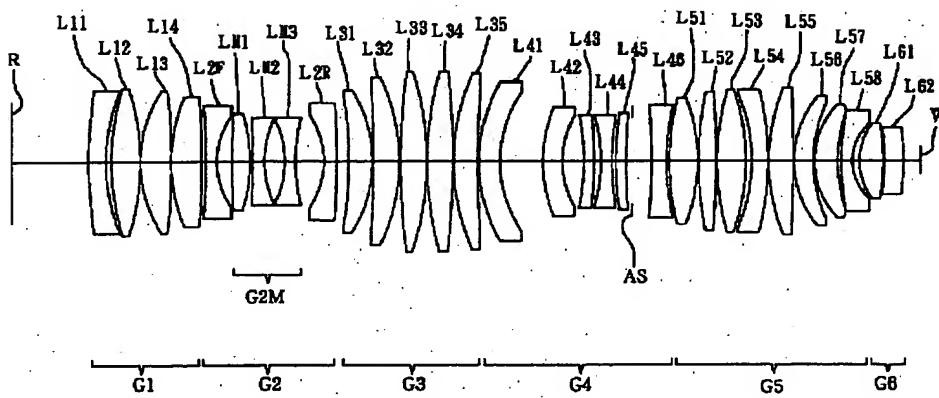
【符号の説明】

IS 照明光学装置
R レチクル
RS レチクルステージ
PL 投影光学系
AS 開口絞り
W ウエハ
WS ウエハステージ
T1 第1光学部材
T2 第2光学部材
T3 第3光学部材

【图1】



【图2】



【图3】

